COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AVRIL 1887.

PRÉSIDÉE PAR M. JANSSEN.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Recherches sur certains phénomènes relatifs à l'aberration de la lumière*; par M. Fizeau.

« Les considérations qui font le sujet de ce travail ont principalement pour but de rechercher la nature des phénomènes qui peuvent se produire dans la réflexion d'un faisceau de lumière à la surface d'un miroir, lorsqu'on suppose ce miroir animé d'une vitesse assez grande pour être comparable à la vitesse de la lumière.

» Nous considérons d'abord, comme parfaitement établie par des expériences certaines, la notion de l'indépendance et de la liberté complète de l'éther, relativement au mouvement des corps pondérables, et de l'immobilité de ce milieu dans toutes les expériences où l'observateur et les instruments participent, comme toujours, à la vitesse cosmique de la Terre, vitesse sensiblement constante, d'environ $\frac{1}{10000}$ de celle de la lumière, et dont la direction variable avec l'heure est toujours bien connue.

» Nous regardons également comme très certaine la donnée fournie par l'expérience aux physiciens, que dans toutes les observations faites avec une lunette dirigée vers une source de lumière terrestre, soit directement, soit avec une réflexion intermédiaire sur un miroir plan, la direction des rayons directs ou réfléchis est absolument constante et indépendante de l'orientation de l'appareil relativement au sens du mouvement de la Terre.

» Un autre point également certain, c'est que, si l'on dirige une lunette dans le ciel vers une étoile, au lieu d'une mire terrestre, la direction vraie des rayons sera changée d'une petite quantité (20″,463) ou de l'angle d'aberration lorsque le mouvement cosmique sera perpendiculaire au rayon, et d'un angle plus petit dans les orientations moins favorables. De plus, si la lunette est dirigée vers la même étoile, avec une réflexion intermédiaire sur un miroir, on admet encore que l'angle d'aberration doit avoir, dans tous les cas, la même valeur numérique que sans le miroir, supposition plausible, sans doute, mais qui ne repose jusqu'ici sur aucune base certaine.

» Nous allons essayer avec ces données de déterminer la part que doivent prendre individuellement à ces phénomènes la lunette, le miroir, et la source de lumière; car, avec les principes que nous venons de rappeler, on voit de suite que toutes les parties de l'appareil d'observation doivent concourir au résultat final.

» D'ailleurs un intérêt particulier s'attache aujourd'hui à la connaissance précise du rôle qu'il convient d'attribuer au miroir dans ce genre d'observations, depuis que M. Lœwy a fait connaître sa nouvelle méthode pour la mesure astronomique de la constante de l'aberration, méthode basée sur l'emploi d'une lunette et de deux miroirs inclinés l'un sur l'autre.

» Si l'on considère d'abord l'expérience faite avec une mire terrestre et une réflexion intermédiaire; sachant que l'aberration résultante est nulle, avec ou sans la réflexion (résultat vérifié avec précision par M. Mascart), bien que des aberrations partielles se produisent réellement, mais avec des valeurs égales et contraires, on parvient à déterminer la véritable valeur de l'aberration produite par le miroir seul de la manière suivante :

» ε étant l'angle d'aberration, on a généralement

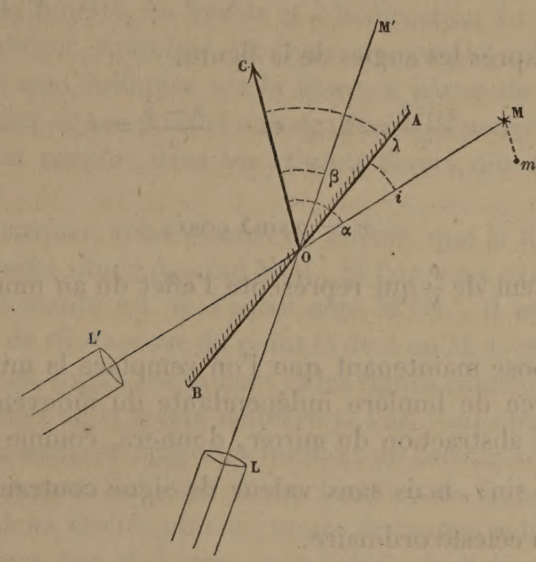
$$\sin\varepsilon \text{ ou } \varepsilon = \frac{v}{V}\sin\alpha \quad (\varepsilon \text{ étant très petit});$$

$\frac{v}{V}$ est le rapport $\left(\frac{1}{10000}\right)$ entre la vitesse de la Terre et celle de la lumière;

α et β sont les angles que fait la direction du mouvement cosmique OC avec l'axe de la lunette dans les deux positions L et L';

OC la direction du mouvement ou de sa projection sur le plan de la réflexion MOL du rayon sur le miroir AB;

L et L' deux positions différentes de la lunette dans laquelle l'aberration se produit.



» Si l'on suppose la lunette en L' visant directement (sans miroir) la mire terrestre M, il se produit dans la lunette un effet d'aberration $\frac{v}{V}\sin\alpha$, lequel est annulé par le mouvement de la mire se déplaçant de m en M et donnant lieu à un effet exprimé par $-\frac{v}{V}\sin\alpha$. L'angle d'aberration est donc égal à 0.

» Si la lunette est placée en L suivant la direction du rayon réfléchi, l'aberration qui se produit dans la lunette est différente de la précédente à cause de la différence des angles α et β. Elle devient $-\frac{v}{V}\sin\beta$ augmentée de $-\frac{v}{V}\sin\alpha$ à cause du mouvement de la source qui semble être en m; à ce double effet s'ajoute celui dont nous cherchons la valeur, laquelle peut être supposée de la forme $\frac{v}{V}x$. Mais sachant, d'autre part, que l'aberration par réflexion d'une mire terrestre est toujours nulle, quelle que soit la direction

du mouvement, on doit avoir l'égalité

$$(1) \qquad \frac{v}{V}x = \frac{v}{V}\sin\beta + \frac{v}{V}\sin\alpha$$

ou bien

$$(2) \qquad x = \sin\beta + \sin\alpha = 2\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right).$$

On a, de plus, d'après les angles de la figure,

$$\frac{\alpha+\beta}{2} = \lambda \quad \text{et} \quad \frac{\alpha-\beta}{2} = i$$

et, par suite,

$$(3) \qquad x = 2\sin\lambda\cos i;$$

tel est le coefficient de $\frac{v}{V}$ qui représente l'effet dû au mouvement du miroir.

» Si l'on suppose maintenant que l'on remplace la mire terrestre par une étoile, source de lumière indépendante du mouvement, la lunette en L', en faisant abstraction du miroir, donnera, comme précédemment, une aberration $\frac{v}{V}\sin\alpha$, mais sans valeur de signe contraire qui l'annule; c'est l'aberration céleste ordinaire.

» D'autre part, si la lunette est placée en L, on aura l'aberration due au miroir avec la valeur que l'on vient de déterminer, soit $\frac{v}{V}2\sin\lambda\cos i$, et, de plus, l'aberration produite dans la lunette par le mouvement suivant l'angle β, c'est-à-dire $-\frac{v}{V}\sin\beta$.

» D'après ce qui précède (2) et (3), on est conduit immédiatement à la relation

$$\frac{v}{V}\sin\alpha = \frac{v}{V}2\sin\lambda\cos i - \frac{v}{V}\sin\beta.$$

» Dans cette équation, le premier membre représente l'aberration produite dans la lunette dirigée, sans le miroir, vers l'étoile.

» Le second membre donne, par son premier terme, l'aberration produite par la réflexion sur le miroir et, par son second terme, l'aberration produite dans la lunette dirigée, avec le miroir, vers l'étoile; la somme de ces deux effets, avec leurs signes, représentant le phénomène total observé avec une lunette munie d'un miroir. Cette somme ne diffère pas en

grandeur du phénomène observé avec une lunette seule, suivant la méthode ordinaire des astronomes, en tenant compte seulement du sens dans lequel la réflexion intervertit les apparences.

» Cette formule peut aisément être discutée d'une manière complète, et l'on peut s'assurer ainsi qu'elle représente avec exactitude les effets en apparence les plus complexes résultant des diverses orientations que l'on peut attribuer à la lunette, au miroir et à la direction du mouvement terrestre; à la condition, toutefois, de tenir un compte exact du sens dans lequel les angles sont indiqués sur la figure à partir de la direction du mouvement, et des signes positifs ou négatifs qu'ils peuvent prendre ainsi que leurs sinus et cosinus dans les azimuts divers que l'on veut considérer.

» On doit remarquer, relativement au miroir, que la figure suppose la surface réfléchissante située du côté MOL. Si l'on veut examiner le cas où la surface réfléchissante est de l'autre côté M'OL', il convient de faire tourner le miroir de 180° autour du point O de A en M, L et B, et de donner en même temps aux angles les valeurs et les signes convenables.

» Il faut procéder de la même manière si l'on veut comparer les effets de deux miroirs à surfaces opposées formant un certain angle, et disposés symétriquement devant l'objectif d'une lunette, de façon à rapprocher l'une de l'autre deux étoiles plus ou moins distantes, suivant la méthode proposée récemment par M. Lœwy pour l'étude de l'aberration. Dans ce cas, on trouve généralement deux déviations de signes contraires dont on doit mesurer la différence et d'où l'on peut conclure l'angle d'aberration cherché.

» On peut constater ainsi que la valeur de cet angle ne subit heureusement aucune des altérations que l'on pouvait soupçonner d'après les actions propres exercées sur la lumière par le miroir et la lunette, ce qui donne, en définitive, à la méthode de M. Lœwy une base tout à fait certaine.

» Les résultats que l'on vient de rapporter montrent que par le fait de la réflexion sur un miroir en mouvement, la lumière subit en général une modification particulière dans sa direction, en sorte que l'angle de réflexion n'est plus égal à l'angle d'incidence comme dans l'état de repos.

» Ainsi, lorsque le miroir recule devant le rayon incident, le rayon réfléchi se rapproche de la surface et, lorsque le miroir marche vers le rayon, celui-ci s'éloigne davantage de la surface après la réflexion.

» Cependant, quelle que soit la réalité de ces phénomènes, conclus de

plusieurs expériences certaines et de considérations décisives, on est dans l'impossibilité de les observer directement, parce qu'ils sont toujours, par un mécanisme naturel très singulier, accompagnés d'autres phénomènes accessoires dus aux mêmes causes et qui donnent lieu constamment à des effets de compensation qui les annulent. Ce n'est donc que par des moyens indirects et des expériences presque toutes négatives que l'on est parvenu à reconnaître le véritable état des choses.

» Aussi a-t-il paru utile de chercher à confirmer ces résultats par une autre voie, à l'aide d'une construction graphique, analogue à celle par laquelle on démontre les lois de la réflexion dans la théorie des ondes. Il n'est pas difficile alors, en faisant intervenir la donnée du mouvement du miroir, de mettre en évidence l'effet d'aberration dont il s'agit, et la considération de quelques triangles construits en conservant les mêmes notations que les précédentes conduit à une expression tout à fait semblable à celle que nous venons de rapporter, bien qu'elles soient déduites l'une et l'autre de considérations très différentes.

» Cette seconde formule cependant renferme en plus un terme d'une valeur numérique tout à fait négligeable et que l'on doit considérer comme étant du second ordre. Mais aussi, d'autre part, en considérant avec attention les circonstances dans lesquelles la première formule a été établie, on reconnaît dans la manière de compter les angles, soit jusqu'au lieu apparent, soit jusqu'au lieu réel de la source de lumière, une cause de différences très petites et numériquement négligeables, mais qui peuvent donner lieu également à un terme de même forme et tout à fait analogue à celui que nous venons de signaler; en sorte que l'on peut considérer les formules obtenues par les deux méthodes comme se contrôlant l'une l'autre d'une manière satisfaisante. »

PHYSIQUE. — *Méthode stroboscopique pour comparer les durées de vibration de deux diapasons ou les durées d'oscillation de deux pendules;* par M. **Lippmann**.

« On peut comparer entre elles les durées de vibration de deux diapasons ou de deux pendules par un procédé très précis qui dérive de la méthode stroboscopique.

» I. Soient d'abord à comparer deux diapasons D et I. On place le diapason D, muni d'un miroir, à quelque distance d'une fente d'optique A,

de telle façon que les rayons émanés de A et réfléchis par le miroir viennent, après leur passage à travers une lentille, former une image nette de A sur un écran ou sur un micromètre oculaire divisé. D'autre part, la fente A, au lieu d'être constamment lumineuse, ne l'est que pendant des instants très courts, par éclairs. Pour produire ces éclairs, on se sert du deuxième diapason I; à cet effet, I est muni également d'un miroir, lequel projette sur A l'image nette d'une fente lumineuse L.

» Les éclairs en A se produisent juste au moment où le diapason I passe par sa position d'équilibre. Ainsi, en appelant y l'élongation variable de D, y' l'élongation de I, on aperçoit sur l'écran, soit une, soit plusieurs lignes lumineuses dont la position par rapport aux divisions donne les valeurs de y qui ont lieu pour les valeurs du temps qui annulent y'.

» Soient T la durée d'une oscillation double de D, T' la durée d'une oscillation simple de I. Si l'on suppose d'abord que $T = T'$, on observe sur l'écran une ligne lumineuse unique et immobile. Si $T = nT'$ (n étant un nombre entier), on observe sur l'écran n lignes lumineuses immobiles. Si $T = \frac{n}{m} T'$ $\left(n \text{ et } m \text{ étant deux nombres entiers, et la fraction } \frac{n}{m} \text{ étant irréductible}\right)$, on observe encore sur l'écran n lignes lumineuses immobiles.

» Si le rapport T : T', au lieu d'être égal aux nombres n ou $\frac{n}{m}$, n'en diffère que d'une quantité très petite ε, le phénomène est encore le même; seulement chacune des lignes lumineuses, au lieu d'être immobile, se déplace lentement sur l'écran, et d'autant plus lentement que ε est plus petit.

» En mesurant la vitesse de ce déplacement, on obtient la vitesse avec laquelle varie la différence de phase entre les deux diapasons; par suite, on obtient très exactement la valeur du rapport T : T'.

» La théorie du phénomène est évidente. Si la fente A était constamment lumineuse, son image a fournie par le miroir de D serait constamment visible, et cette image a aurait sur l'écran un mouvement d'oscillation rapide, trop rapide même pour être mesuré : ce mouvement serait le même que celui de la projection sur l'écran de la génératrice G d'un cylindre de révolution qui serait parallèle à l'écran, et qui tournerait autour de son axe d'un mouvement uniforme en accomplissant une révolution complète pendant le temps T. Mais la fente A n'étant éclairée que par instants, on n'aperçoit sur l'écran que des droites lumineuses g_1, g_2, ... qui sont les projections des positions G_1, G_2, ... qu'occupe la génératrice G à

chaque éclair. Les intervalles de temps T′ entre les éclairs étant égaux, les génératrices G_1, G_2, ... sont équidistantes. Donc les positions des lignes g_1, g_2, ... sont d'une manière générale les projections de génératrices équidistantes tracées sur un cylindre. Les pieds des génératrices G_1, G_2, ... (leurs points de rencontre avec la circonférence de base du cylindre) sont donc toujours les sommets d'un polygone régulier inscrit.

» Si $T' = \frac{1}{n}T$, chacun des arcs G_1, G_2 étant la $n^{\text{ième}}$ partie d'une circonférence, ce polygone est un polygone régulier *convexe* de n côtés. Si $T' = \frac{m}{n}T$, ce polygone est un polygone *étoilé* de n sommets. Dans l'un et l'autre cas, les n génératrices, ou, pour mieux dire, leurs projections, apparaissent simultanément sur l'écran, grâce à la persistance des images sur la rétine, et l'aspect du phénomène est le même, que le polygone soit convexe ou étoilé. Sans cette persistance des images, on verrait que les droites g_1, g_2 apparaissent successivement, et dans le même ordre que les sommets du polygone correspondant.

» Dans le cas où la fraction ε intervient, la figure obtenue est animée d'un mouvement de rotation lent, dont la vitesse est la même que celle de la figure de Lissajous qu'on obtiendrait avec les mêmes diapasons, et pour les mêmes raisons.

» Dans le cas particulier où les deux diapasons sont à l'unisson, on a $T = 2T'$. On aperçoit deux traits lumineux immobiles, constamment symétriques par rapport au zéro de l'échelle. Ces deux traits prennent un mouvement lent d'oscillation lorsque l'intervalle est troublé. Leur symétrie subsiste dans ce cas, et ils passent simultanément par le zéro au moment d'une coïncidence, c'est-à-dire au moment exact où les deux diapasons passent simultanément par leur position d'équilibre.

» J'ai observé encore le phénomène avec les intervalles acoustiques suivants : l'observation a été chaque fois conforme à la théorie.

Diapason I.	Diapason D.	Nombre de traits lumineux observés.
ut_1	ut_2	1
ut_1	ut_1	2
sol_1	ut_1	3
ut_2	ut_1	4

On a ici, en effet, successivement $T' = T$, $T' = 2T$, $T' = 3T$ et $T' = 4T$.

» 2. Deux pendules se comportent comme deux diapasons qui vibrent

lentement. Deux pendules à seconde se comportent, en particulier, comme deux diapasons qui sont à l'unisson ou qui en sont très voisins.

» On peut donc les comparer en les munissant de deux miroirs et en opérant comme avec les diapasons ([1]).

» 3. On doit pouvoir, par la même méthode, comparer la durée de vibration d'un diapason à celle d'un pendule à secondes, à condition que le rapport de ces deux durées soit égal à $n + \varepsilon$, n étant un nombre entier et ε une petite fraction, l'observation du déplacement des lignes lumineuses permettrait de déterminer ε; mais je n'ai pas encore essayé l'expérience sous cette forme. Il ne serait pas sans intérêt de pouvoir comparer *directement*, par une méthode optique, un diapason avec une pendule à secondes. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le calme central dans les tempêtes;* par M. H. Faye.

« Je me propose d'appeler l'attention de l'Académie sur le calme central qui se retrouve, avec une étonnante netteté, dans tous les cyclones

([1]) M. Vogel compare deux pendules en faisant osciller l'un d'eux (D) devant une échelle divisée et en l'observant à travers une fente que le second pendule I ne découvre que par éclairs, juste au moment où ce pendule I passe par la verticale. M. Vogel mesure ainsi l'élongation y du pendule D juste au moment où l'élongation y' de I est égale à zéro : la méthode de M. Vogel est donc, en principe, la même que celle que j'ai décrite; il n'y a de différence que dans le dispositif. Mais je crois le dispositif que j'ai décrit susceptible d'une plus grande précision, et cela pour trois raisons : 1° je puis rendre les éclairs aussi courts que l'on voudra sans limiter le champ de la vision et sans altérer la netteté des images; 2° la méthode de la réflexion sur le miroir, qui est la méthode de Gauss, permet d'observer la déviation angulaire très exactement; 3° l'échelle divisée, sur laquelle se font les lectures, est visible constamment, tandis que chez M. Vogel elle n'apparaît, comme le pendule, que pendant des instants très courts.

D'autre part, M. Mercadier a fait, sur des diapasons vibrant parallèlement et dont les ombres sont projetées simultanément sur un écran, des expériences qui paraissent présenter avec les miennes une certaine analogie. Cette analogie n'est qu'apparente : les expériences de M. Mercadier sont différentes non seulement par leur dispositif, mais par leur théorie. Ce physicien obtient une série de lignes noires sur le tableau, mais les positions de ces lignes sont données par la condition que $y = y'$ et non par les valeurs que prend y pour $y' = 0$; d'ailleurs, les expériences de M. Mercadier supposent essentiellement que les amplitudes maxima des deux diapasons soient égales; celles que j'ai décrites sont indépendantes du rapport des amplitudes maxima.

tropicaux, parfois même au delà du 50e degré de latitude, mais qui s'altère à mesure que la tempête progresse vers le pôle, sans jamais disparaître entièrement. Avant de mettre sous les yeux de l'Académie les témoignages des navigateurs qui ont eu la malchance de se trouver dans cette région du calme, permettez-moi de citer le récit d'un poète, le seul qui ait décrit une vraie tempête ([1]) :

» Bientôt l'ouragan atteignit son paroxysme. La tempête n'avait été que terrible, elle devint horrible. A cet instant-là, disent les marins, le vent est un fou furieux.

» Subitement, une grande clarté se fit; la pluie discontinua, les nuées se désagrégèrent. Une sorte de haute fenêtre crépusculaire s'ouvrit au zénith, et les éclairs s'éteignirent. C'est à cet instant-là qu'au plus noir de la nuée apparaît, on ne sait pourquoi, pour espionner l'effarement universel? ce cercle de lueur bleue que les vieux marins espagnols appellent l'œil de la tempête, *el ojo de tempestad*. On put croire à la fin; c'était le recommencement. La saute de vent était du sud-est au nord-ouest. La tempête allait reprendre avec une nouvelle troupe d'ouragans. Les marins nomment cette reprise redoutée la *rafale de la renverse*.

» *Cyclone de l'*Églé. — A Mozambique, par 15° de latitude sud (au mouillage). Le 1er avril 1858, le vent souffla du sud-est en augmentant de violence. Vers 9h du soir, le vent redouble de fureur, la pluie d'intensité; à 11h, le baromètre marquait 742mm. A 11h 45m, un calme subit succède aux rafales au moment où celles-ci semblaient redoubler de violence. La tempête s'est apaisée d'une façon si brusque, que nous ne saurions dire comment s'est faite une transition si complète. La pluie cesse, le ciel se découvre et les étoiles brillent. Tout semble indiquer que l'ouragan est terminé, et nous aurions partagé les espérances de l'équipage si nous n'avions su que nous allions subir les assauts d'une nouvelle tempête. A 1h, en effet, les premières rafales du nord-ouest tombaient à bord comme un coup de foudre et faisaient pirouetter la goélette.... Après les désastres de cette nouvelle attaque, ce navire a été jeté à la côte ([2]).

» *Cyclone de la* Nouvelle-Antigone. — Le 16 octobre 1849, par 39° de latitude sud, ce navire se trouve à peu près sur le passage du centre. A minuit, la pluie est abondante, les éclairs sillonnent le ciel de tous côtés, le vent augmente de violence, toujours dans la même direction d'entre

---

([1]) *Les Travailleurs de la mer*, de Victor Hugo.

([2]) Le cyclone a passé à peu près centralement sur le navire. La durée du calme central ayant été de une heure quinze minutes et la vitesse de translation de l'ouragan de 3m par seconde environ, le diamètre du calme central a dû être de 14km.

nord-est et nord-nord-est, et, à 4^h du matin, il vente tourmente, le baromètre ayant atteint 738^{mm}. Alors il se fait une accalmie d'une demi-heure après laquelle le vent saute au sud-ouest variant à l'ouest-sud-ouest. Tempête, pluie très abondante, qui diminue sensiblement dans la matinée, le baromètre ayant remonté en même temps que la saute de vent avait lieu ([1]).

» On retrouve la même saute de vent après une accalmie jusqu'à 42° de latitude sud dans l'ouragan du 26 mai 1842.

» *Cyclone de février* 1860, *admirablement discuté par Bridet.* — Le *Veaune*, par 19° de latitude sud... Le vent continue à souffler du sud-est avec plus de violence, si c'est possible, et le baromètre baisse encore; à midi il est à 718^{mm}. A ce moment l'ouragan cesse subitement. Le ciel, jusqu'alors du plus sombre aspect, se dégage peu à peu, le soleil perce les quelques nuages qui restent au zénith... A 3^h le vent saute au nord-ouest et au nord, engageant une seconde fois le navire par bâbord ([2])...

» Ces phénomènes se retrouvent aussi bien sur l'hémisphère boréal que sur l'hémisphère austral. Il serait facile d'en multiplier les citations pour l'Atlantique ([3]). Les typhons de la Chine ont aussi, au centre, leur colonne d'air calme et transparent entourée de spires violentes où se produisent incessamment les nuées lourdes, les averses, les éclairs et la foudre. Mais voici une observation d'un genre tout nouveau, celle d'un typhon du 20 octobre 1882, enregistrée aux appareils météorographiques de l'observatoire de Manille, comprenant des éléments qu'un marin, en lutte contre les éléments, n'aurait ni le temps, ni même l'idée de noter. Le centre a passé sur l'île; le bord seulement du calme a passé sur l'observatoire. En trois heures trente minutes, le baromètre baissa de 23^{mm}, et pendant ce temps la vitesse du vent s'accrut de 10^m à 54^m par seconde. A ce moment, cette vitesse tomba subitement à zéro. Après un calme de 15^m, la pression et la force du vent se remirent à suivre la marche inverse, sans autre particularité. Les variations de la température et de l'humidité furent plus

---

([1]) Une demi-heure, à raison de 18 à 20 milles par heure pour la vitesse de translation de la tempête, donne au calme central un diamètre de 16^{km} à 18^{km}.

([2]) Le calme central aurait eu environ 48^{km} ou 12 lieues de diamètre, si, ce qui n'est guère admissible, le *Veaune* était resté immobile pendant ces trois heures.

([3]) Dès les premières Cartes synoptiques de l'Observatoire de Paris, en 1864, M. Marié-Davy a fort bien reconnu que le calme central avec ciel serein, qui n'avait jamais été observé qu'en mer, se retrouve jusque sur notre continent, au passage des cyclones.

remarquables encore. Tant que dura le passage de la première moitié du cyclone, le thermomètre se tint à 24° avec une remarquable constance, puis, à l'entrée du cercle de calme, il monta subitement à 31°, pour retomber aussitôt à 24° à la fin de ce passage. Quant à l'humidité relative, elle suivit exactement des phases correspondantes : de 98 pour 100 elle tomba à 53 pendant le calme, sécheresse extraordinaire dans ces climats, puis remonta à son premier degré. Le Dr Sprung, à qui j'emprunte cette citation ([1]), conclut ainsi : *Ces phénomènes si hautement caractéristiques ne peuvent évidemment s'expliquer qu'en admettant qu'il existe un courant descendant au centre du cyclone*, conformément aux idées de Faye, Hirn, Andries, etc. Mais bientôt le préjugé météorologique reprend chez lui le dessus et il plaide les circonstances atténuantes : il se pourrait que le courant descendant n'intéressât que les couches basses; d'ailleurs, ajoute-t-il, le calme central ne serait-il pas l'exception plutôt que la règle? Mais si le courant descendant n'existait que dans les couches basses, les nuages subsisteraient au-dessus, on ne verrait pas le ciel bleu, les étoiles ou le Soleil. Quant au second point, si l'éclaircie centrale est peu observée en Allemagne ou en Norvège, elle est de règle sous les tropiques où elle ne manque jamais.

» Ainsi, dans tout cyclone, les girations croissent en rapidité vers le centre, non comme dans les tourbillons des géomètres où la vitesse linéaire, à la distance r, est proportionnelle à $\frac{1}{r}$, mais jusqu'à une certaine distance de l'axe à partir de laquelle elle tombe subitement à zéro. Il y a donc, au centre de tout cyclone, une colonne d'air étrangère aux mouvements violents, libre de nuages, d'averses, de tonnerres et d'éclairs qui font place à d'innocents feux Saint-Elme, dans laquelle l'air descend peu à peu des régions supérieures de couches encore plus élevées que celles de ces fleuves où se meuvent les cirrus et où naissent les spires refroidies de l'enveloppe tourbillonnaire. Voilà ce qu'il s'agit d'expliquer : pour cela, j'aurai recours aux caractères bien connus des tourbillons de nos fleuves et à une expérience frappante, facile à reproduire.

» C'est surtout par un temps de débâcle qu'il est intéressant d'observer la formation des tourbillons dans une rivière. Lorsque les filets liquides, animés de vitesses différentes, se rapprochent d'un centre de giration qui va se former, ceux dont la vitesse est la plus grande, à droite par exemple,

---

([1]) *Lehrbuch der Meteorologie*, p. 240. Hambourg; 1885.

montent ou grimpent en nappe (comme dans un mascaret) sur ceux de gauche qui cèdent et s'affaissent, de manière à former un entonnoir conique vers le fond duquel ces filets tombent en prenant une giration de plus en plus vive. Ce phénomène se reproduit dans toute l'épaisseur du courant, et c'est en vertu de l'excès de force vive de la masse des filets de droite sur celle des filets moins rapides à gauche, que la giration descendante se produit. Si un glaçon, voguant à la surface, vient à s'y engager, on le voit tomber dans le petit gouffre conique qui s'ouvre devant lui et il est entraîné, en tournoyant, jusqu'à une certaine profondeur. Là, il est abandonné par le tourbillon en même temps que l'eau entraînée vers le bas; mais, tandis que cette eau se répand tumultueusement autour du pied du tourbillon sans tendance ascensionnelle, le glaçon, lui, remonte à la surface en vertu de sa légèreté spécifique.

» Ainsi, un tourbillon n'est autre chose qu'un mouvement giratoire de l'eau qui pénètre en descendant dans la masse entière à la manière d'un tire-bouchon.

» La force qui l'entraîne peu à peu en bas est la pression que les filets primitivement juxtaposés exercent les uns sur les autres, les plus rapides sur les moins rapides, lorsqu'ils viennent à se croiser. Il descend ainsi, s'il est assez intense, jusqu'à ce qu'il rencontre l'obstacle du sol : là il se détruit, la force vive des spires descendantes s'épuise contre cet obstacle et il laisse échapper d'une manière confuse, tout autour de lui, l'eau qu'il a amenée en bas. Cette eau éparpillée en filets divergents comme celle d'une turbine dans un milieu immobile de même densité ne forme aucun courant sensible. L'analogie avec nos cyclones aériens est frappante.

» Cependant nous ne voyons pas encore comment une colonne de calme pourrait se constituer dans l'axe de ce tourbillon chargé de cirrus glacés; mais nous la verrons naître aussitôt pour peu que nous supprimions la résistance que la masse du liquide oppose à la sortie tumultueuse de l'eau au pied du tourbillon. Ne pouvant opérer sur un cours d'eau, produisons d'abord un mouvement purement rotatoire, sans aucune translation, dans l'eau d'un vase cylindrique. La surface libre prendra la forme d'un paraboloïde de révolution dont les filets n'auront aucune tendance à descendre. Ces filets sont alors de simples cercles centrés sur l'axe. La vitesse angulaire est constante et la vitesse linéaire varie proportionnellement à la distance de l'axe. Il n'y a là rien de tourbillonnaire. Mais ouvrez en bas un orifice de manière à déterminer un mouvement descendant. Aussitôt vous verrez le paraboloïde, où pas une molécule ne tombe vers le

sommet déprimé, dégénérer en entonnoir; les filets deviendront spiraloïdes en descendant, et leur vitesse angulaire, au lieu de rester constante, augmentera rapidement à mesure qu'ils se rapprocheront du centre. Mais en même temps, comme la réaction des couches inférieures disparaît par l'ouverture d'un orifice, les filets susdits prennent une allure hélicoïdale de plus en plus marquée jusqu'à devenir presque verticaux à une certaine distance du centre, tendant ainsi à constituer un cylindre vide autour de l'axe. A peine ce cylindre est-il ébauché en haut, l'air supérieur s'y introduit et, comme l'effet se reproduit à toute profondeur, le cylindre d'air se forme dans toute la hauteur du vase, jusqu'à l'orifice et même au delà, au cœur de la veine fluide qui s'en échappe.

» Il en sera de même dans les mouvements giratoires de l'atmosphère, avec cette différence qu'il n'est pas nécessaire d'imprimer une rotation préalable à la masse d'air, car les girations naissent spontanément dans les fleuves aériens, grâce aux inégalités de vitesse de leurs courants. Il n'est pas non plus nécessaire d'ouvrir un orifice inférieur pour solliciter la descente du fluide, car, dans nos fleuves aériens, c'est la pression des filets les plus rapides montant sur les filets les plus lents qui détermine cette descente. D'ailleurs l'écoulement inférieur s'y produit, comme dans les tourbillons des cours d'eau, au pied même du cyclone, là où les spires descendantes vont se briser contre le sol. Il devra donc s'établir au centre, comme dans l'expérience précédente, une sorte de vide qui sera rempli par l'air des hautes régions, air situé au-dessus du courant à cirrus où les girations prennent leur origine. Cet air dépourvu de cirrus nous arriverait même, en bas, à une température très élevée, s'il ne perdait dans son trajet vertical une bonne partie de la chaleur due à la compression croissante [1].

» On lira avec le plus vif intérêt, à ce sujet, la description que mon savant Confrère et ami, M. Hirn, a faite de cette belle expérience dans sa brochure intitulée *Étude d'une classe particulière de tourbillons* [2]. Je ne diffère avec lui qu'en un point : c'est qu'il faut, à mon avis, avant de passer de cette expérience sur des masses qui ne changent pas de lieu aux gyrations de l'atmosphère qui marchent sur de longues trajectoires, faire intervenir, comme élément essentiel de la question, élément sans lequel les expériences susdites peuvent vous induire en erreur, faire intervenir,

---

(1) C'est ainsi que dans l'observation du cyclone de Manille l'air de la colonne de calme avait seulement 7° de plus que l'air extérieur.

(2) 1877; Gauthier-Villars.

dis-je, les girations qui se produisent dans nos cours d'eau ([1]). Cette dernière étude montre en effet que la cause de la descente des spires aériennes est toute mécanique et qu'il n'est pas besoin, pour s'en rendre compte, de recourir à l'électricité.

» Je ferai remarquer combien l'existence du calme central dans les cyclones, bien au delà des tropiques, est contraire à l'idée que les météorologistes cherchent à faire prévaloir, que le vent dans un cyclone a toujours une composante centripète. S'il en était ainsi, le vent atteindrait le contour du calme central sous un angle déterminé, et, pour que le passage au calme fût subit, il faudrait, chose absurde, que le vent cessât subitement au moment même où il vient d'atteindre sa plus grande violence.

» Au-dessous de ces vastes tourbillons, qui marchent sur des trajectoires plus ou moins régulières, les indications du baromètre prennent un caractère particulier. Ce n'est pas que la masse d'air qui pèse sur le sol ait varié; mais, comme une partie notable de cet air est animée d'une giration violente, la transmission ordinaire des pressions dans l'atmosphère n'a plus lieu en tous sens comme à l'état de repos; le baromètre baisse sous le cyclone et présente un minimum très accentué juste sous le calme central. Quant à la descente de l'air dans toutes les parties du cyclone, amenant le froid humide tout autour et le chaud sec au centre, ce mouvement tend évidemment à augmenter la pression, mais cet effet très faible est complètement masqué par le précédent. »

([1]) Je ne saurais assez insister sur la nécessité de tenir compte également, dans l'étude des trombes ou des tornados, de leur rapide mouvement de translation et, par suite, du lien qui les rattache si intimement aux cyclones.

Les trombes internubaires qui produisent au-dessus de nos têtes, à des étages divers, les orages et les grêles, ainsi que les trombes et les tornados qui descendent jusqu'au sol pour le ravager, ne sont jamais des accidents isolés, comme on le croit généralement, mais des appendices inséparables des cyclones. Ils se produisent dans les cyclones, sur leur flanc droit, et marchent parallèlement à eux sur leurs courtes trajectoires. Cette découverte capitale, trop oubliée aujourd'hui, est entièrement due (1864) à M. Marié-Davy, chef du Service météorologique créé par Le Verrier à l'observatoire de Paris.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur un fait qui s'est produit près de Nice lors de la dernière secousse de tremblement de terre.* Note de M. **H. Resal.**

« M. le Ministre de la Guerre, en ma qualité d'adjoint à la Section technique et au Comité de l'Artillerie pour les questions scientifiques, me fait l'honneur de me communiquer une Lettre qu'il a reçue de M. le général de Colomb, commandant le 15e corps d'armée, et dans laquelle se trouve inséré un Rapport de M. le lieutenant-colonel Benoît, directeur de l'Artillerie à Nice, sur un fait qui s'est passé dans son service pendant la période du dernier tremblement de terre. M. le Ministre me prie de donner connaissance de ce fait à l'Académie, dans le cas où il pourrait présenter quelque intérêt au point de vue scientifique. J'estime que toutes les Communications de cette nature intéressent vivement l'Académie, et je m'empresse de reproduire ci-après le Rapport du directeur de l'Artillerie de Nice :

» Le 23 février, à $8^h 50^m$ du matin, le gardien de batterie Müller, du fort de la *Tête-de-Chien,* était en communication télégraphique avec son collègue de la Drette pour rendre compte des effets des deux secousses de tremblement de terre ressenties le matin. Il manipulait debout, une chaise derrière lui. Interrompu par son correspondant, il avait abandonné le manipulateur et regardait son appareil dérouler, lorsqu'il remarqua que la transmission était interrompue par des saccades qui se produisaient dans son appareil et que le mouvement d'horlogerie grinçait fortement. Lorsqu'il reprit le manipulateur pour continuer sa dépêche, une violente secousse de tremblement de terre se fit sentir. Il vit le mur placé devant lui se lever et s'abaisser, et, en même temps, il ressentit une violente commotion électrique dans le bras droit, qui lui fit abandonner le manipulateur et le projeta sur sa chaise où il resta, sans pouvoir remuer, pendant quelques minutes. La commotion reçue fut si forte qu'il lui fut impossible de se livrer à aucun travail pendant plusieurs heures. Ce n'est que vers 4^h du soir qu'il put continuer sa dépêche pour rendre compte des effets du tremblement de terre dans le fort. Jusqu'à présent, l'accident ne l'empêche pas de faire son service, mais il lui reste des mouvements nerveux et, par moments, de violents maux de tête. Je dois ajouter que la veille au soir, vers 6^h, pendant la réception d'une dépêche, le même grincement s'était déjà produit dans son appareil qui, à ce moment, déroulait par saccades d'une manière tout à fait anormale. Ce phénomène électrique, apparaissant

comme le résultat du tremblement de terre, m'a paru valoir la peine d'être signalé. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur divers effets d'irritation de la partie antérieure du cou et, en particulier, la perte de la sensibilité et la mort subite.* Note de M. **Brown-Séquard.**

« I. On s'étonne souvent que des individus, désirant se tuer, puissent se couper la gorge jusqu'aux os, et même quelquefois se faire plusieurs plaies profondes, ce qui semble impliquer un courage presque surhumain, en raison de l'excessive douleur que l'on croit exister alors. J'ai partagé cette opinion jusqu'au jour où j'ai constaté qu'une incision, même légère, de la peau du cou, surtout au voisinage du larynx, peut suffire pour faire disparaître la sensibilité dans les deux tiers antérieurs du cou, et souvent dans bien plus de parties. Il n'est donc pas besoin d'un courage exceptionnel, augmenté ou soutenu par l'excitation de sentiments violents, pour se faire au cou les plaies, quelquefois énormes, que l'on peut trouver chez des individus s'étant ainsi tués ou ayant essayé de se donner la mort.

» Dans les très nombreuses expériences que j'ai faites pour étudier la production de l'analgésie (perte de la sensibilité aux causes de douleur), j'ai eu très souvent à faire une plaie longitudinale sur la ligne médiane du cou, au niveau du larynx, afin de mettre à nu cet organe et une partie de la trachée [1]. Dans les premiers temps, je me contentais de faire la recherche de la sensibilité à la douleur dans les diverses parties du corps, d'abord avant toute lésion, et ensuite après avoir irrité la muqueuse laryngienne, et j'attribuais à cette irritation l'analgésie qui se produisait à des degrés variables au tronc, aux membres, à la tête et au cou. Plus tard, ayant remarqué que la plaie du cou, plus que celles faites aux membres, demeurait insensible pendant tout le temps nécessaire à la cicatrisation, et que même, quelquefois, la peau, au voisinage d'une plaie cicatrisée dans cette région, restait insensible, j'eus l'idée d'étudier l'influence d'une incision de la peau au cou sur la sensibilité de cette portion du corps et sur celle des autres parties de l'économie animale. Je trouvai alors que la peau de la région cervicale antérieure dans toute son étendue, mais surtout à la ligne médiane et dans son voisinage, ne peut être coupée sans

(1) Voir *Comptes rendus*, t. XCV, p. 1369, et t. C, p. 1366.

qu'il y ait au moins une diminution de la sensibilité aux causes de douleur et spécialement aux chocs galvaniques (appareil du Bois-Reymond), dans toute la moitié antérieure du cou. Il arrive souvent que l'analgésie soit complète ou qu'elle le devienne après quelques heures ou un jour dans cette zone de peau. Le plus souvent, cependant, on ne trouve d'analgésie complète que dans la portion qui recouvre le larynx et la trachée.

» Dans nombre de cas, j'ai constaté que l'analgésie s'étend au cou tout entier, à la mâchoire inférieure et à une partie du thorax (en avant et jusqu'aux glandes mammaires). Chez quelques animaux (des chiens et un singe), j'ai vu se montrer de l'analgésie, à bien peu près complète, presque partout, aux membres, au tronc, à la tête et aux muqueuses buccale et oculaire. Chez nombre d'autres animaux, il y a eu une diminution de sensibilité partout, mais cette altération a promptement disparu.

» Après avoir fait une incision longitudinale de la peau sur la ligne médiane, ou transversalement d'un côté à l'autre, à la région cervicale antérieure, j'ai constaté dans un grand nombre d'expériences, surtout chez des chiens et des singes, que je pouvais mettre à nu, couper, nouer ou galvaniser et même brûler les diverses parties des deux tiers antérieurs du cou, sans causer de vives douleurs et quelquefois sans paraître en causer aucune. Chez les singes, les effets de ces irritations ont été, en général, plus considérables que chez les chiens.

» Les faits si nombreux dont j'ai été témoin durant les cinq ou six dernières années montrent que les parties capables de produire par inhibition une analgésie générale doivent être rangées dans l'ordre suivant, quant à leur degré de puissance;

» 1° Le maximum existe là où se ramifient les filets des nerfs laryngés supérieurs (c'est-à-dire la muqueuse laryngienne);

» 2° A un moindre degré les troncs de ces nerfs, et à un degré bien inférieur le tronc des nerfs vagues au-dessus de l'émission des laryngés supérieurs;

» 3° La trachée qui, quelquefois, donne lieu à une analgésie presque complète, mais évanescente, lorsqu'on la lie;

» 4° Le minimum existe dans la peau de la région cervicale antérieure, surtout au niveau du larynx.

» Je me suis demandé si d'autres irritations de la peau du cou qu'une incision pourraient produire l'inhibition de la sensibilité soit partout, soit seulement dans la moitié antérieure du cou, et j'ai trouvé que, si ce mode d'irritation n'est pas le seul capable d'agir sur les centres nerveux de cette manière, c'est assurément celui qui a le plus de puissance.

» Les nerfs trijumeanx (¹) et les autres nerfs sensitifs craniens ou spinaux, dans leur tronc ou leurs ramifications, ne semblent pas doués de la puissance spéciale que possèdent les nerfs vagues et les nerfs de la région cervicale.

» Si les chirurgiens peuvent faire la trachéotomie sans douleur, dans les cas de croup et d'autres cas bien différents, ce n'est pas, comme ils le croient, uniquement parce que la sensibilité est diminuée par l'asphyxie dans la plupart de ces cas : c'est sans doute aussi et surtout parce que le début même de l'incision de la peau produit par inhibition la diminution ou la perte de la sensibilité ou de ce qui en reste.

» II. La peau du cou et le larynx possèdent d'autres puissances inhibitoires bien plus dignes d'intérêt que celle dont je viens de parler. Me proposant d'en faire l'objet d'une ou de plusieurs Communications spéciales, je n'en dirai que quelques mots aujourd'hui.

» Les médecins légistes savent parfaitement que l'on trouve assez souvent des individus ayant perdu la vie par une pendaison insuffisante et incapable d'avoir empêché complètement — et même quelquefois d'avoir gêné en quoi que ce soit — le passage de l'air dans le larynx et la trachée. J'ai trouvé l'explication de ce fait, en apparence si singulier. Le larynx surtout, mais aussi la trachée et probablement la peau qui les recouvre, sont capables, sous l'influence d'une irritation mécanique, de produire l'inhibition du cœur, celle de la respiration et aussi celle de toutes les activités cérébrales. Il peut donc y avoir tout d'un coup, sous l'influence d'une irritation mécanique de ces parties, une perte complète de connaissance et une syncope cardiaque et respiratoire plus ou moins complètes. Des expériences très nombreuses m'ont montré qu'il y a entre les effets de cette irritation et ceux de la piqûre du bulbe rachidien une très grande analogie. En effet, dans les deux cas, il y a : 1° perte de connaissance ; 2° diminution et même (mais assez rarement) perte soudaine ou très rapide de l'action du cœur ; 3° diminution ou perte complète des mouvements respiratoires ; 4° arrêt des échanges entre les tissus et le sang.

» Lorsque j'ai réussi à tuer des chiens par suite d'un coup sur la région cervicale antérieure, j'ai trouvé que presque toujours, sinon toujours, la mort a eu lieu sans convulsions, sans agonie, dans un état syncopal com-

(¹) Ces nerfs doivent à une puissance inhibitoire spéciale de pouvoir, lorsqu'on les coupe, faire disparaître la vision, l'olfaction, l'audition et le goût. C'est là l'explication que j'ai donnée de l'expérience célèbre de Magendie.

plet, permettant aux tissus de conserver très longtemps leurs propriétés spéciales. Le sang passe alors rouge des artères dans les veines et présente ainsi un contraste absolu avec ce que nous montre la mort dans l'asphyxie franche où le sang est rapidement noir dans les artères.

» *Conclusions.* — Il résulte des faits exposés dans cette Note que la peau du cou possède, comme le larynx, mais à un moindre degré, la puissance d'inhiber la sensibilité, et que le larynx, la trachée et peut-être la peau qui les couvre possèdent la puissance de causer la mort, sous une irritation mécanique, de la même manière que le bulbe rachidien. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques types de Fougères tertiaires nouvellement observées*; par M. G. DE SAPORTA.

« On sait la place dévolue aux Fougères dans la flore paléozoïque. La prépondérance originaire du groupe disparaît durant le cours de l'époque mésozoïque. Les Fougères de l'âge tertiaire, décidément en minorité par rapport à l'ensemble des autres végétaux, ne doivent leur abondance relative dans quelques gisements qu'à des particularités de sol ou de climat, ou simplement à des accidents locaux de nature à favoriser leur développement. Les Fougères que j'ai en vue proviennent de deux niveaux de la série tertiaire, séparés l'un de l'autre par une étendue verticale considérable : d'une part, l'éocène inférieur de Sézanne et, de l'autre, les cinérites du Cantal dont les parties les plus anciennes remontent tout au plus au miocène récent.

» I. *Fougères de Sézanne.* — Leur découverte est due à M. le baron de Baye, qui a bien voulu me les communiquer. Les travertins de Sézanne, formés sous l'influence d'eaux pures et jaillissantes, dans les mêmes conditions que ceux, beaucoup plus modernes, de Meximieux, mais à une époque où régnait encore une température élevée, accusent les conditions de milieu préférées par les Fougères. Rien de surprenant, par cela même, à ce que l'on rencontre à Sézanne une proportion de ces plantes plus considérable que dans aucun autre dépôt du même âge. J'en ai décrit douze espèces dans ma Monographie [1], parmi lesquelles cinq se rapportent aux genres *Adiantum*, *Blechnum*, *Asplenium*, et sept à la section ou tribu des Cyathéa-

[1] *Flore fossile des travertins anciens de Sézanne* (*Mém. de la Soc. géol.*, 3e série, t. VIII, n° 3).

cées, spécialement aux genres *Alsophila*, *Cyathea* ou *Hemitelia*. M. de Baye vient d'ajouter à cette liste deux formes des plus remarquables, représentées non par des folioles éparses, mais par de notables portions de leurs frondes.

» La première est un *Adiantum* dont les folioles sessiles et inégales, conformées en faux, avec la nervure principale rejetée le long de la marge inférieure, reproduisent le type de l'*A. pedatum* L. et de l'*A. caudatum* L., espèces dont la diffusion est très grande dans les zones tropicale et subtropicale des deux hémisphères. L'empreinte moulée laisse apercevoir le repli des lobules fructifiés. Cet *Adiantum* prendra le nom d'*A. sezannense*.

» La seconde empreinte a été d'une détermination plus difficile : elle comprend les principaux segments, encore en connexion, d'une fronde dont les frondules de deuxième ordre, obliquement insérées sur un mince rachis et confluentes supérieurement, sont elles-mêmes distribuées en lobes et lobules, ceux-ci généralement bipartis ou tout au moins émarginés, de manière à recevoir les derniers ramules provenant de la bifurcation de l'une des nervilles latérales. J'ai cru d'abord avoir sous les yeux un *Trichomanes;* mais, à la suite d'un examen attentif, je me suis convaincu que l'espèce devait prendre place parmi les *Davallia*, non loin du *D. canariensis* J. Sm. et qu'elle pouvait être également comparée au *Microlepia inæqualis* Presl., bien que l'attribution aux *Davallia* proprement dits ressorte de l'étude rigoureuse de la nervation et de la disposition des incisures. Les *Davallia* sont disséminés dans toutes les parties chaudes de l'ancien continent, du fond de l'Australie aux Indes orientales et de l'Afrique australe aux Canaries, point le plus septentrional que le genre atteigne actuellement. Je propose le nom de *Davallia bayeana* pour désigner la nouvelle espèce de Sézanne.

» II. *Fougères des cinérites du Cantal.* — Dans l'intervalle qui sépare l'horizon précédent de celui des cinérites, nous aurions à glaner bien des particularités relatives aux Fougères qui se montrent dans les diverses localités soit éocènes, soit oligocènes ou aquitaniennes. Il doit suffire de mentionner la présence certaine, dans l'éocène récent et le miocène inférieur, des *Chrysodium* parmi les Acrostichées, des *Lygodium* parmi les Schizéacées et de l'*Osmunda lignitum* Ung., qui reproduit le type d'une Osmundacée de Java. Cependant, la plupart des faits observés s'appliquent à des genres tels que les *Pteris, Cheilanthes, Asplenium, Adiantum, Woodwardia, Aspidium* ou *Lastræa*, qui n'ont jamais abandonné le sol européen. Plus haut, vers le pliocène inférieur, dans les cinérites notamment,

les Fougères rencontrées jusqu'ici n'offraient rien qui les éloignât beaucoup de nos *Aspidium* européens. Les découvertes récentes de M. Rames ont mis au jour d'autres résultats sur deux points de la région du Cantal nouvellement explorés par cet infatigable chercheur.

» A Niac, on observe toute une réunion d'espèces intéressantes, groupées autour du Hêtre pliocène (*Fagus pliocenica* Sap.) qui présente non seulement ses feuilles tantôt denticulées, tantôt entières, mais aussi ses fruits hérissés de pointes plus courtes, plus petits et plus longuement pédonculés que ceux de notre Hêtre. Les espèces principales sont : une Mousse (*Thuidium*); un Bambou (*B. lugdunensis* Sap.); le *Smilax mauritanica* Desf., bien reconnaissable; le *Zelkova crenata* Sp.; le *Corylus insignis* Hr.; le *Pterocarya fraxinifolia* Sp. et un *Juglans* accompagné de sa noix, le *Tilia expansa* Sap.; trois *Acer* dont l'un, *A. subpictum* Sap., à très larges feuilles; et l'*A. opulifolium pliocenicum;* un *Viburnum* [1]; un *Clematis;* enfin les vestiges de plusieurs plantes herbacées, entre autres d'un *Ranunculus, R. atavorum* Sap., ressemblant aux *R. parviflorus* L., *philonotis* Retz, etc. Nous sommes évidemment en pleine forêt pliocène.

» Les Fougères de Niac comprennent au moins trois espèces : un *Aspidium* assimilable aux *Lastrœa pulchella* et *Fischeri* de Heer, un *Asplenium* du type des *Diplazium* et un segment formé de plusieurs pinnules sessiles et subopposées, insérées un peu obliquement le long d'un rachis commun. Ces pinnules reproduisent la nervation et l'aspect caractéristiques de celles des *Polybotrya*, particulièrement des *P. articulata* J. Sm. et *cylindrica* Kaulf., l'un des Philippines, l'autre du Brésil.

» J'aurais pourtant hésité à admettre la présence, dans le Cantal pliocène, d'un genre d'Acrostichées, actuellement intertropical, si une seconde découverte, encore plus explicite, sur un autre point de la même région, celui de Chambeuil, n'était venue l'appuyer et la rendre vraisemblable.

» A Chambeuil, le Hêtre pliocène est absent : il cède la place à un Pin à trois feuilles, que la conformation de ses cônes rattache étroitement au *Pinus canariensis* D. C., accompagné du *Sassafras ferretianum* Mass., du *Laurus nobilis?* L. et de deux *Viburnum*. Ici encore, nous entrevoyons une forêt, à l'ombre de laquelle croissait une Fougère des plus remarquables. M. Rames en a recueilli d'assez nombreuses empreintes qui, toutes, se

---

[1] Il faut encore signaler un *Hedera,* dont il existe une seule feuille, provenant des rameaux appliqués; elle ne se distingue de celles du Lierre européen ordinaire que par sa dimension très petite.

rapportent à des frondes stériles, ce qui est déjà une présomption que les fertiles, à l'exemple de ce qui existe chez beaucoup d'Acrostichées, étaient distinctes des premières. Les feuilles, d'une taille médiocre, sont pennatipartites, à segments allongés, réunis par une bordure continue au pétiole commun et serrulés sur les bords. Les segments sont confluents vers le haut des frondes, qui se terminent par un appendice ou prolongement atténué en pointe obtuse. L'aspect général est à peu près celui du *Polypodium vulgare;* mais la nervation se compose de veinules fines, anastomosées en un réseau à mailles multipliées et exappendiculées, dont les derniers ramules, devenus libres le long de la marge, vont aboutir chacun à l'un des denticules et s'y terminer en un point obtus. Ce réseau veineux ressemble, il est vrai, à celui de l'*Onoclea sensibilis* L.; mais dans l'*Onoclea,* type américain qui reparaît au Japon, la marge des segments est entière, quoique lobée-sinueuse. Une comparaison attentive de l'espèce fossile avec les Acrostichées m'a persuadé de son affinité vis-à-vis de ce groupe et de son attribution probable aux *Heteroneuron* de Fée, *Pœcilopteris* de Presl, démembrement des *Chrysodium.* Le réseau veineux de la Fougère en question reproduit exactement celui du *Nevrocallis præstantissima* Fée, autre Acrostichée, tandis que le mode de partition de la fronde la rapproche plutôt du *Leptochilus subquinquefidus* Fée et surtout du *Gymnopteris semipinnatifidus* Fée, enfin de l'*Heteroneuron punctulatum* Fée (*Pœcilopteris punctulata* Presl), des îles Maurice et Bourbon. Tant d'indices réunis et l'absence même de sores ou points fructifiés sur les frondes recueillies, comme il aurait été naturel d'en observer s'il s'était agi d'une Polypodiée, dénotent bien une Acrostichée, que je nommerai *Heteroneuron cantalense,* et, par suite, la persistance, au sein même des forêts pliocènes de la France centrale, d'une tribu actuellement exclue de l'Europe, confinée presque entièrement entre les tropiques, bien que l'une de ses espèces, l'*Acrostichum Lowei* Fée, s'avance jusqu'aux Açores et que, dans le Népaul et les Florides, quelques formes éparses d'Acrostichées se montrent au-dessus de 30° de latitude. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de l'un de ses Membres qui devra faire partie de la Commission mixte chargée

de juger les Ouvrages adressés pour le concours du prix triennal fondé par M. *Louis Fould* sur l'histoire des Beaux-Arts avant le siècle de Périclès.

M. de Quatrefages réunit la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1887.

Le dépouillement donne les résultats suivants :

Prix Gegner. — MM. Hermite, Bertrand, Phillips, Vulpian et Darboux réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Fremy et Halphen.

Prix Petit d'Ormoy (*Sciences mathématiques pures et appliquées*). — MM. Darboux, Bertrand, Hermite, Halphen et Jordan réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Tisserand et Ossian Bonnet.

Prix Petit d'Ormoy (*Sciences naturelles*). — MM. de Quatrefages, A. Milne-Edwards, Blanchard, de Lacaze-Duthiers et Duchartre réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Daubrée et Van Tieghem.

Commission chargée de présenter une question de *prix Gay* (*Géographie physique*) pour l'année 1889. — MM. d'Abbadie, Bouquet de la Grye, Grandidier, F. Perrier et Jurien de la Gravière réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. de Lesseps et Pâris.

Commission chargée de présenter une question de *grand prix des Sciences physiques* pour l'année 1889. — MM. de Quatrefages, Duchartre, A. Milne-Edwards, Blanchard et de Lacaze-Duthiers réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Daubrée et Fizeau.

Commission chargée de présenter une question de *prix Bordin* (*Sciences physiques*) pour l'année 1889. — MM. de Quatrefages, Daubrée, Duchartre, Van Tieghem et A. Milne-Edwards réunissent la majorité absolue des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Fremy et Blanchard.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Le parallélisme des phénomènes sismiques en février 1887 et des perturbations atmosphériques, électriques, magnétiques et des éruptions volcaniques.* Note de M. CH.-V. ZENGER.

(Renvoi à la Commission.)

« Les événements funestes de la fin de février 1887 sur la Riviera m'ont conduit à examiner le parallélisme des perturbations de l'atmosphère et de l'intérieur du globe.

» Après avoir dépouillé les journaux et les bulletins d'Europe et d'Amérique, je viens apporter les preuves de la coïncidence de phénomènes en apparence très différents.

» Dès le 19 février 1887, surviennent des trombes de neige en Russie, en Galicie, en Autriche, Hongrie, Transylvanie et Serbie; en même temps, les appareils magnétiques sont troublés.

» 20 février : ouragans extraordinaires en Amérique; orage violent à New-York, avec des éclairs extraordinairement intenses; dans les États de l'Ouest, les ouragans ont renversé plusieurs trains en marche.

» Le 21 février, à 11^h du soir, observation en plusieurs localités de la Bohême d'un bolide extraordinaire double. On a entendu en même temps trois explosions successives très fortes, mais d'intensité décroissante; à Leskov et à Plan, à la même heure, on a ressenti des secousses assez fortes et des bruits souterrains.

» 22 février : affaissements du sol en plusieurs endroits; à Norwich et aux environs, de profondes et larges crevasses se sont formées; à Castle Stone, une manufacture s'enfonce dans le sol et immédiatement de l'eau apparaît. Peu de temps après, au même endroit, survient un nouvel affaissement du sol de 4^m en largeur et 5^m en profondeur.

» Le 23 février, de $5^h 3^m$ à $5^h 5^m$, à Nice, trois violentes secousses successives lézardent les maisons; il en est de même sur la Riviera de Marseille jusqu'à la Riviera du Ponente. La partie méridionale de la France et l'Italie jusqu'à Livourne subissent de fortes secousses. A Milan, les horloges électriques s'arrêtent à l'heure des secousses violentes; les secousses sont faiblement ressenties jusqu'à Pavie. En Suisse, plusieurs secousses; à Berne, Lucerne, Bâle, Biasca, Bienne, Genève, Kaisergars, Herisau,

Saint-Gall, Coire, Andeer, Bellinzona, Mendrisio, Balerna, Wilderwyl, Interlaken, Meringen; la durée était de quinze secondes. Agitation générale des appareils magnétiques enregistreurs à Paris, Perpignan. Il y a coïncidence avec des secousses assez fortes, à Washington en Amérique, accompagnées d'une vive agitation des appareils magnétiques.

» Le même jour, en Autriche, secousses en plusieurs points : Cavalese, Hall en Tyrol, Klagenfurt; agitation des appareils magnétiques de l'observatoire de Kremenmünster, dans la basse Autriche.

» Typhon et naufrages dans la mer indo-chinoise.

» Les observations du sismographe pendant un tremblement de terre violent, à Tokio, le 15 janvier à $6^h 15^m$ du soir, ont montré la plus longue secousse qui ait été jamais enregistrée; l'intervalle de ces deux grands phénomènes sismiques est de trente-huit jours, c'est-à-dire, à très peu près, la durée de trois demi-rotations du Soleil, soit $3 \times 12^j,5935 = 37^j,7805$.

» Des secousses légères, à New-York, ont été observées dans la matinée du même jour.

Le 24 février, tremblement de terre dans toute la Grèce; trois secousses violentes à la Riviera, la plus forte à 2^h du matin, à Nice; elles sont ressenties aussi à Menton, Bolène, Lebar et à Châteauneuf; de nombreuses maisons s'écroulent.

» Le 25 février, secousses faibles, avant midi, à Nice et San Carlo.

» Le 26 février, secousses courtes, mais assez fortes, à Ala.

» Le 27 février, tremblement violent dans la Caroline méridionale, éruption de l'Etna, secousses faibles à Gênes.

» Il est important de remarquer que les plus violentes secousses qui aient jamais été ressenties sont survenues dans les derniers jours de février. Le 20 février 1835, un violent tremblement de terre a produit des dommages énormes au Chili, ruinant entièrement la ville de Conception. Le grand désastre de Lisbonne est survenu le 26 février 1531 : 15000 maisons se sont écroulées et 30000 habitants ont péri sous leurs ruines. Les premiers jours de février ont été également désastreux. Ainsi, le 2 février 1703, pendant un violent tremblement à Aquila, en Italie, 5000 hommes périrent. Le 5 février, d'effroyables secousses, en Italie et en Sicile, ont causé d'immenses dommages et ruiné Messine et plusieurs villes. Le 4 février 1797, un tremblement de terre a bouleversé le pays tout entier entre Santa Fé et Panama, détruit Cusco et Quito et englouti 10000 hommes. Le rapprochement de ces dates et, d'autre part, leur rapport avec la période solaire du 7 et du 20 février sont remarquables.

» La coïncidence d'une chute de météorites avec un fort tremblement de terre, comme le 21 février 1887, est signalée à Tschembar, en Sibérie, pour le 3 janvier 1886. Un grand bolide, en tombant, a tué un cheval attelé; la glace du lac se brise subitement et les débris sont chassés aux bords du lac. Il se produit de violentes secousses, accompagnées d'explosions formidables; on observe de fortes ondulations du sol à plusieurs milles de la ville. C'était le jour du passage de l'essaim périodique du 2 et du 3 janvier.

» Nous venons de voir que des orages de neige, des orages électriques extraordinaires, de violentes secousses et des perturbations magnétiques en Europe, en Asie et en Amérique coïncident et se suivent à de courts intervalles. A cause de leur simultanéité, je pense que ces effets sont dus à une cause extraterrestre et à des décharges d'électricité cosmique, produisant en premier lieu des troubles atmosphériques, de vrais cyclones électriques, dont le tourbillonnement amène des condensations de vapeur d'eau, des pluies torrentielles en été, des orages de neige en hiver, des aspirations de gaz souterrains (explosion de grisou), des mouvements tourbillonnaires souterrains, des trombes ignées, dont le choc contre la croûte intérieure du globe détermine les secousses, la formation de crevasses et la projection par ces crevasses d'eaux en ébullition, de boue et enfin de masses ignées si la pression est assez forte »

M. A. Leroy soumet au jugement de l'Académie un Mémoire intitulé : « Les tremblements de terre, leurs causes et les moyens de les prévenir. »

(Renvoi à la Commission.)

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les péninvariants des formes binaires.* Note de M. d'Ocagne, présentée par M. Poincaré.

« Soit la forme

$$a_0 x^n + \frac{n}{1} a_1 x^{n-1} y + \frac{n(n-1)}{1.2} a_2 x^{n-2} y^2 + \ldots + a_n y^n,$$

qui peut s'écrire symboliquement $(x+ay)^n$. En considérant a_0 comme une fonction d'une variable fictive ζ, dont les dérivées successives seraient a_1,

a_2, a_3, ..., j'ai établi que $a_0^p \frac{d^p l a_0}{d\zeta^p}$, que je représente par φ_p, est un péninvariant de la forme $(x+ay)^n$ (¹). Pour démontrer ce théorème, je remarque que

$$\varphi_{p+1} = a_0\varphi'_p - pa_1\varphi_p,$$

φ'_p étant le résultat de l'opération $\frac{d}{d\zeta}$ appliquée à φ_p, et je prouve que, si φ_p est un péninvariant, il en est de même de φ_{p+1}. Comme le théorème est vrai pour φ_2, il se trouve dès lors établi dans toute sa généralité.

» On peut appliquer la même opération $a_0 \varpi'_p - pa_1\varpi_p$, que je désignerai ici par $\delta(\varpi_p)$, à un péninvariant quelconque ϖ_p, de degré p; la démonstration subsiste intégralement, moyennant que l'on convienne de prendre $a_\nu = 0$, pour $\nu > n$, ce qui revient à considérer a_0 comme une fonction algébrique et entière de degré n de la variable fictive ζ; on voit ainsi que $\delta(\varpi_p)$ est aussi un péninvariant, ce qui permet de déduire, par une opération régulière, d'un péninvariant donné une suite indéfinie d'autres péninvariants. Mais, en généralisant encore davantage, je suis arrivé à ce théorème :

» Théorème. — *Si ϖ_p et ϖ_q sont des péninvariants de degrés respectifs p et q de la forme représentée symboliquement par $(x+ay)^n$, $q\varpi_q\varpi'_p - p\varpi_p\varpi'_q$ est aussi un péninvariant de cette forme.*

» Je vais esquisser brièvement la démonstration de ce théorème.

» On a, par hypothèse,

$$(\alpha)\qquad \sum_{i=1}^{i=n} i a_{i-1}\frac{d\varpi_p}{da_i} = 0, \qquad \sum_{i=1}^{i=n} i a_{i-1}\frac{d\varpi_q}{da_i} = 0,$$

et il faut prouver, en posant $W = q\varpi_q\varpi'_p - p\varpi_p\varpi'_q$, que

$$\sum_{i=1}^{i=n} i a_{i-1}\frac{dW}{da_i} = 0.$$

» Or cette égalité, si l'on tient compte des deux précédentes, revient à

$$q\varpi_q\sum_{i=1}^{i=n} i a_{i-1}\frac{d\varpi'_p}{da_i} - p\varpi_p\sum_{i=1}^{i=n} i a_{i-1}\frac{d\varpi'_q}{da_i} = 0$$

(¹) Théorème énoncé dans les *Comptes rendus*, t. CII, p. 916, et démontré dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, t. X, p. 75.

ou, en remplaçant ϖ'_p et ϖ'_q par leurs valeurs en fonction des dérivées partielles de ϖ_p et ϖ_q par rapport à a_0, a_1, a_2, ... et tenant compte des identités obtenues en prenant les différentielles totales des identités (α),

$$q\varpi_q \sum_{i=0}^{i=n} a_i \frac{d\varpi_p}{da_i} - p\varpi_p \sum_{i=0}^{i=n} a_i \frac{d\varpi_q}{da_i} = 0.$$

» Mais le théorème d'Euler, sur les fonctions homogènes, donne

$$\sum_{i=0}^{i=n} a_i \frac{d\varpi_p}{da_i} = p\varpi_p, \qquad \sum_{i=0}^{i=n} a_i \frac{d\varpi_q}{da_i} = q\varpi_q.$$

La proposition sus-énoncée se trouve, par suite, établie. Cette proposition est susceptible de nombreuses applications. En voici une assez digne de remarque :

» Pour $\varpi_q = a_0$, on déduit du péninvariant ϖ_p celui-ci

$$(1) \qquad a_0 \varpi'_p - p a_1 \varpi_p,$$

que je représenterai par $\varpi_{p,1}$. C'est le cas de ma première Note. Pour $\varpi_q = a_0 a_2 - a_1^2$, on en déduit cet autre

$$(2) \qquad 2(a_0 a_2 - a_1^2)\varpi'_p - p(a_0 a_3 - a_1 a_2)\varpi_p.$$

» M. R. Perrin, à l'obligeance de qui je dois diverses remarques fort intéressantes, a observé que, en répétant deux fois l'opération (1) ([1]), ou δ, et ajoutant au résultat obtenu l'expression $p(p+1)(a_0 a_2 - a_1^2)\varpi_p$, qui est aussi un péninvariant, on arrive finalement au péninvariant

$$\varpi_{p,2} = a_0 \varpi''_p - 2p a_1 \varpi'_p + p^2 a_2 \varpi_p.$$

» Appliquant, à mon tour, l'opération (1) (où p est remplacé par $p+1$) au péninvariant $\varpi_{p,2}$, et ajoutant le péninvariant (2) que je viens d'obtenir, après l'avoir multiplié par $p(p+1)$, j'arrive à cet autre péninvariant

$$\varpi_{p,3} = a_0 \varpi'''_p - 3p a_1 \varpi''_p + 3p^2 a_2 \varpi'_p - p^3 a_3 \varpi_p.$$

» Ainsi, se trouve confirmée pour l'indice 3 la remarque ingénieuse que M. R. Perrin a été amené à formuler par l'examen des valeurs de $\varpi_{p,1}$ et

---

([1]) A la seconde fois, p doit naturellement être changé en $p+1$, puisque le péninvariant $a_0 \varpi'_p - p a_1 \varpi_p$ est de degré $p+1$.

$\varpi_{p,2}$, à savoir qu'*il est très probable* que, si ϖ_p est un péninvariant de la forme $(x+ay)^n$, il en est de même de

$$\varpi_{p,\mu} = a_0\varpi_p^{(\mu)} - \mu p a_1 \varpi_p^{(\mu-1)} + \frac{\mu(\mu-1)}{1.2}p^2 a_2 \varpi_p^{(\mu-2)} - \ldots + (-1)^\mu a_\mu \varpi_p,$$

remarque qu'il a, d'ailleurs, vérifiée sur de nombreux exemples particuliers. Il serait intéressant de s'assurer par une démonstration rigoureuse de la généralité de cette remarque. A défaut de cette démonstration que je ne possède pas encore, voici une formule curieuse que j'ai rencontrée en la recherchant et qui, comme on va le voir, ne manque pas d'intérêt.

» La valeur de $\varpi_{p,\mu}$ peut s'écrire symboliquement $(\varpi_p - pa)^\mu$. On voit alors quelle est l'expression que je désigne par $(\varpi_p - p\chi)^\mu$, χ_i étant supposé égal à $a_0 a_{i+1} - a_1 a_i$, ce qui entraîne $\chi_0 = 0$. Cela posé, voici quelle est la formule que j'ai obtenue, δ ayant le sens ci-dessus défini,

$$a_0(\varpi_p - pa)^\mu = \delta[(\varpi_p - pa)^{\mu-1}] - (p+1)(\varpi_p - p\chi)^{\mu-1}.$$

Cette formule, curieuse en elle-même, présente en outre cet intérêt que, s'il est prouvé que les $(\varpi_p - pa)^\mu$, déduits du péninvariant ϖ_p, sont des péninvariants, elle étend immédiatement la propriété aux $(\varpi_p - p\chi)^\mu$, et réciproquement. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Rectification des cubiques circulaires, unicursales, droites, au moyen des intégrales elliptiques.*
Note de M. G. de Longchamps.

« La Note que nous avons eu l'honneur de communiquer récemment (1) à l'Académie est susceptible d'une importante généralisation. On est alors conduit au théorème suivant : *Toutes les cubiques circulaires, unicursales, droites, peuvent être rectifiées au moyen des intégrales elliptiques.*

» Cette propriété s'établit très simplement, comme nous allons l'indiquer.

Nous rappelons d'abord que les cubiques en question sont caractérisées par les propriétés suivantes :

» 1° Elles passent par les ombilics du plan ;

» 2° Elles possèdent un point double et un axe de symétrie.

---

(1) Séance du 7 mars 1887.

» Pour obtenir une génération simple de ces courbes, il faut se reporter à la description des cubiques unicursales, telle qu'elle a été autrefois proposée par M. Zahradnik([1]), et par nous-même ([2]), ensuite.

» Pour le cas particulier que nous visons ici, imaginons, dans un plan : une circonférence O, une droite Δ et, sur O, un point fixe M. Si nous traçons, par M, une transversale mobile rencontrant O en A, Δ en B et si nous prenons BI = OA, le lieu du point I est une cubique circulaire, unicursale; de plus, cette cubique est droite si, comme nous le supposons, Δ est perpendiculaire sur le diamètre qui passe par M.

» *Réciproquement*, toute cubique circulaire, unicursale, droite, peut être engendrée par cette construction ; une pareille courbe est donc représentée par l'équation

$$\rho = a\cos\omega + \frac{b}{\cos\omega}.$$

» Cette égalité donne, par un calcul évident,

$$S = \int \sqrt{a(a+2b) + \frac{b^2}{\cos^4\omega} - 2ab\frac{\sin^2\omega}{\cos^2\omega}}\, d\omega.$$

» En posant

$$\tan\omega = z,$$

on a

$$(1) \qquad S = \int \sqrt{(a+b)^2 + 2b(b-a)z^2 + b^2 z^4}\, \frac{dz}{1+z^2};$$

on est donc ramené aux intégrales elliptiques.

» Si l'on pose

$$k = \frac{a+b}{2b},$$

l'égalité (1) devient

$$(2) \qquad S = b\int \sqrt{4k^2 + 4(1-k)z^2 + z^4}\, \frac{dz}{1+z^2};$$

c'est à cette intégrale que se trouve ramenée la rectificatiom des cubiques unicursales, circulaires, droites; on la réduit aisément aux intégrales elliptiques, sous la forme canonique, en observant que la relation (2) peut

---

([1]) *Archives de Grunert*, t. LVI, p. 8, et *Nouvelle Correspondance mathématique*, t. I, p. 86; 1874.

([2]) *Nouvelle Correspondance mathématique*, p. 403; 1879.

s'écrire

$$\frac{S}{b} = \int \frac{(z^2+1)\,dz}{\sqrt{U}} + 2(1-2k)\int \frac{dz}{\sqrt{U}} + (4k^2+4k-2)\int \frac{dz}{(1+z^2)\sqrt{U}}$$

ou encore

$$\frac{S}{b} = \int \frac{z^2\,dz}{\sqrt{U}} + (3-4k)\int \frac{dz}{\sqrt{U}} + (4k^2+4k-2)\int \frac{dz}{(1+z^2)\sqrt{U}},$$

égalité où l'on suppose

$$U = 4k^2 + 4(1-k)z^2 + z^4.$$

» Parmi les courbes célèbres auxquelles s'applique la remarque précédente, nous citerons la strophoïde ($k = -\frac{1}{2}$), la cissoïde ($k = 0$) et la trisectrice de Maclaurin ($k = -\frac{3}{2}$). Pour cette dernière, le calcul que nous avons fait connaître, dans la Note citée, conduit à une forme remarquable pour l'expression de la différentielle de l'arc de la courbe, forme qu'on ne déduirait de celle, plus générale, que nous venons de donner, que par des transformations analytiques, probablement très compliquées. Cette Note, malgré la généralisation qui précède, conserve donc son intérêt particulier.

» Je dois ajouter que l'idée de généraliser les résultats qu'elle renfermait m'a été inspirée par une Lettre de M. Neuberg, professeur à l'Université de Liège; si le théorème énoncé plus haut est nouveau, et si la présente Note offre quelque intérêt, son mérite, pour la plus grande part du moins, doit faire retour à celui-ci.

» *Remarque.* — Le cas particulier de la cissoïde est remarquable. Si, dans l'égalité (2), on suppose $k = 0$, on voit que l'intégrale

$$\int \sqrt{4+z^2}\,\frac{z\,dz}{1+z^2}$$

peut s'exprimer par les fonctions transcendantes ordinaires et l'on arrive ainsi à cette propriété, aisée à vérifier par un calcul direct : *les arcs de cissoïde sont rectifiables par les transcendantes ordinaires.* »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau procédé d'excitation de l'arc voltaïque sans contact préalable des deux électrodes* (¹). Note de M. G. **Maneuvrier**, présentée par M. Lippmann.

« On sait qu'il n'est pas possible, dans les conditions ordinaires, d'allumer un arc voltaïque entre deux électrodes quelconques (pointes de charbon ou tiges métalliques), qui seraient séparées même par la plus faible distance. On doit préalablement les amener au contact, de manière à assurer le passage du courant électrique, puis les séparer progressivement jusqu'à une distance maximum, qui est toujours plus ou moins courte et qui dépend surtout de la force électromotrice dont on dispose.

Cette double nécessité du contact préalable des électrodes et de leur maintien à distance fixe complique beaucoup l'usage de l'arc voltaïque et en a singulièrement limité les applications scientifiques. Aussi a-t-on cherché depuis longtemps à la supprimer, en résolvant le problème de l'excitation de l'arc à distance. On y est parvenu de deux manières.

» Les deux électrodes (par exemple deux pointes de charbon Carré) étant reliées aux deux pôles de l'appareil électromoteur, on interpose entre elles la flamme d'une bougie : l'arc finit par jaillir, au bout d'un temps plus ou moins long. L'expérience réussit d'autant mieux que la flamme est moins oxydante et plus fuligineuse. Ou bien l'on fait passer entre les deux pointes, soit les décharges d'une puissante batterie électrostatique, soit, mieux encore, la série d'étincelles d'une bobine de Ruhmkorff : l'arc voltaïque s'allume au bout d'un certain temps, d'autant plus court que les étincelles sont plus longues et plus réitérées.

» Mais ces deux procédés, outre qu'ils sont d'une application peu pratique, sont d'un usage restreint à de très faibles longueurs d'arc. Ainsi, avec l'appareil électromoteur dont je me sers (²), je n'ai pas pu réaliser l'allumage par la flamme, au delà de 7^{mm}. La distance maximum a été

(¹) Ce travail a été effectué au Laboratoire des recherches (Physique) à la Sorbonne.

(²) C'est une machine Gramme, à courants alternatifs, dont un circuit sur quatre travaille seul et peut donner de 400 à 500 volts aux bornes. Je mesure aisément cette différence de potentiels, à chaque instant, en reliant les bornes à un électromètre Branly, rendu apériodique à l'aide du dispositif de MM. Curie et Ledeboer et gradué par la méthode de M. Joubert.

encore plus faible pour le deuxième procédé : je n'ai jamais dépassé 3^{mm}, en utilisant pourtant les décharges d'une bobine du plus grand modèle, dont la distance explosive allait jusqu'à 10^{cm}. Or je puis, au contraire, faire jaillir spontanément l'arc voltaïque, à des distances croissantes de 5^{mm}, 10^{mm}, 15^{mm}, 20^{mm}, 25^{mm} et 30^{mm}, par mon nouveau procédé d'allumage, qui ne nécessite l'intervention ni d'une flamme, ni d'un condensateur, ni d'aucune espèce de mécanisme. Voici en quoi il consiste :

J'enferme les deux électrodes, placées en face l'une de l'autre, dans un ballon de verre hermétiquement clos, et muni d'une tubulure à robinet à trois voies, par où je puis, à volonté, enlever l'air intérieur ou introduire l'air extérieur. La capacité du vase clos dépend du diamètre des électrodes. Elle a varié, dans mes expériences, depuis celle d'un grand œuf électrique, pour des charbons de 6^{mm}, jusqu'à celle d'une lampe Edison pour des charbons de 1^{mm}. Les deux électrodes étant reliées par des fils de platine soudés dans le verre, avec une source de *courants alternatifs*, je raréfie l'air du ballon jusqu'à produire un effluve violet, analogue à celui de l'œuf électrique. Je tourne alors le robinet, de manière à laisser rentrer quelques bulles d'air : on voit alors le long et pâle effluve se ramasser brusquement entre les pointes, sous l'influence de ce brusque accroissement de pression, et se transformer instantanément en un arc voltaïque, d'un blanc éblouissant. L'expérience est très belle, très nette et des plus faciles à réaliser.

» Le degré de raréfaction où il faut amener l'atmosphère intérieure pour produire l'effluve dépend un peu de la distance des pointes et beaucoup plus de la force électromotrice de la source. Je n'ai jamais eu besoin, dans mes expériences, de pousser le vide plus loin que 5^{mm} à 6^{mm} de mercure, même au début, quand les charbons sont froids [1]. Quant à l'accroissement de pression nécessaire pour transformer l'effluve en arc, il ne doit pas être trop fort, car il provoquerait une extinction complète et l'expérience serait à recommencer; mais il peut varier entre des limites assez éloignées. La pression finale, après la transformation, peut aller en effet de 30^{mm} à 150^{mm}. C'est ce qui permet de répéter l'expérience d'allumage avec une grande facilité et la certitude du succès. La manipulation en est des plus simples, puisqu'elle consiste à donner d'abord un demi-tour de

---

(1) Je dis *au début*, car si l'on répète l'expérience après avoir échauffé les charbons et l'air intérieur, par un premier allumage même très court, la conductibilité en est tellement accrue que l'effluve reparaît aisément sous une pression de 50^{mm}.

robinet à droite, pour faire le vide dans le ballon, puis un quart de tour à gauche, pour y laisser rentrer un peu d'air : cela dure à peine quelques secondes.

» Parmi les procédés d'excitation de l'arc *à distance* que je viens d'énumérer, le dernier seul mérite réellement ce nom; les deux autres sont des procédés d'allumage *au contact*, plus ou moins déguisés. En effet, dans l'allumage à la bougie, on voit nettement sur chacune des deux pointes, en même temps qu'elles deviennent incandescentes, se former des amas, des champignons de particules charbonneuses, qui grossissent en se rapprochant l'un de l'autre : l'arc jaillit au moment précis où ces deux dépôts se rejoignent par quelque point. Dans l'allumage par les décharges, les étincelles font jaillir entre les deux électrodes une sorte de courant de particules charbonneuses, qui vont en s'épaississant de plus en plus, qui finissent par fermer le circuit, et qui, étant alors portées à l'incandescence par le passage du courant, constituent l'arc voltaïque.

» La nature même du phénomène, dans ces deux cas, explique qu'il soit rapidement enrayé par toutes les circonstances qui s'opposent à cette communication parasite entre les deux pointes, en particulier par l'accroissement de leur distance. On voit, au contraire, que l'allumage de l'arc par mon procédé peut théoriquement se faire à toutes distances des électrodes, pourvu qu'on pousse assez loin la raréfaction et, par suite, la conductibilité électrique de l'amosphère gazeuse interposée.

» J'ajouterai enfin que, une fois l'allumage réalisé, on n'a plus qu'à fermer le ballon, pour avoir un arc voltaïque, en vase clos, à l'abri de l'air et de la combustion. Cet arc possède une constance remarquable, tant au point de vue de l'intensité que de la qualité de la lumière. L'usure en est réduite à peu de chose, car elle ne provient que du délitement des charbons et de la projection de leurs particules incandescentes. Je n'insisterai pas sur les applications pratiques qu'on pourrait faire de cet appareil à l'éclairage électrique, parce qu'elles n'ont aucun intérêt scientifique. Je ferai seulement remarquer qu'on élimine par ce procédé toutes les perturbations dans le régime de l'arc, qui proviennent de la combustion et de l'accroissement continu de longueur : on les réduit ainsi au minimum, c'est-à-dire à celles qui résultent du débit plus ou moins irrégulier de la source électrique. On se met donc dans les meilleures conditions de stabilité et de durée, pour étudier les caractères physiques de l'arc voltaïque, à savoir sa force électromotrice et sa résistance. Ce dispositif expérimental peut donc rendre de réels services aux physiciens qui s'occupent de ces questions. »

TÉLÉPHONIE. — *Sur la théorie du téléphone : monotéléphone ou résonateur électromagnétique*. Note de M. **E. Mercadier**, présentée par M. Cornu.

« Dans une étude précédente [1] sur la théorie du téléphone, je crois avoir démontré que le diaphragme magnétique de cet appareil est animé de deux espèces de mouvements différents qui se superposent. Les uns sont des mouvements de *résonance*, moléculaires, indépendants de la forme extérieure; ce sont précisément ceux qui permettent au diaphragme de transmettre et de reproduire *tous* les sons, propriété caractéristique qu'il aurait fallu préciser nettement dans le nom même du téléphone en l'appelant *pantéléphone*. Les autres sont des mouvements d'*ensemble*, transversaux, correspondant au son fondamental et aux harmoniques du diaphragme, et qui dépendent de son élasticité, de sa forme et de sa structure : ceux-là sont nuisibles au point de vue de la transmission nette de la musique et de la parole, car ils altèrent le timbre, leurs harmoniques ne coïncidant que par le plus grand des hasards avec ceux de la voix ou des instruments usuels.

» Pour mettre hors de doute l'existence et la superposition de ces deux genres de mouvements, j'ai cherché à faire prédominer les uns ou les autres à volonté dans le même diaphragme. On y parvient à l'aide de la disposition suivante que j'avais réalisée dès 1881, et que j'ai seulement simplifiée depuis.

» I. On place le diaphragme d'un téléphone quelconque dans les conditions les plus favorables pour qu'il puisse vibrer transversalement sans obstacle, et de façon à laisser se produire facilement la division en lignes nodales correspondant à un son donné bien déterminé. Pour cela, au lieu d'*encastrer* le diaphragme sur ses bords, comme on le fait ordinairement, on le *pose* simplement aussi près que possible du pôle de l'électro-aimant sur un nombre de points suffisants d'une ligne nodale.

» Si c'est un diaphragme rectangulaire, on le pose sur deux appuis rectilignes coïncidant avec les deux lignes nodales du son fondamental.

» Si c'est un diaphragme circulaire, on perce trois ouvertures de 2^{mm} à 3^{mm} de diamètre sur les sommets d'un triangle équilatéral inscrit dans la circonférence qui constitue la ligne nodale du premier harmonique, et l'on

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. CI, p. 744 et 1001, et *Journal de Physique*, 2e série, t. V, p. 141.

pose le disque sur trois pointes en liège disposées de la même manière sur un plateau fixe et pénétrant dans les ouvertures.

» Cela étant, faisons passer dans la bobine de l'appareil une série de courants d'intensité très faible, de période graduellement décroissante, par exemple, provenant de l'émission de sons musicaux devant un transmetteur quelconque téléphonique ou radiophonique. Alors le récepteur téléphonique, modifié comme il est dit ci-dessus, ne vibre, d'une manière appréciable, que sous l'action des courants dont la période est égale à celle du son correspondant à la nodale sur laquelle repose le diaphragme, son que j'appellerai *particulier* ou *spécial :* il ne reproduit plus une série *continue* de sons de hauteur graduellement croissante, indifféremment et avec la même intensité, comme le téléphone ordinaire; il n'en reproduit énergiquement qu'*un seul;* il n'est plus *pantéléphonique,* il est *monotéléphonique;* on peut donc l'appeler *monotéléphone.*

» Ce résultat n'est pas absolu. En réalité, le diaphragme fait entendre quelques sous-harmoniques du son *spécial* correspondant à la ligne nodale fixée ; mais leur intensité est relativement très faible. De plus, le diaphragme reproduit des sons de période un peu inférieure ou supérieure à celle du son *spécial,* mais l'intervalle extrême entre ces sons est assez petit et n'excède généralement pas un ou deux commas.

» Ces réserves sont de la même nature que celles qu'on doit faire au sujet des *résonateurs* en Acoustique. Du reste, le rôle d'*analyseur* que le monotéléphone joue par rapport à ce qu'on peut appeler les ondes électromagnétiques est analogue à celui que joue un résonateur par rapport aux ondes sonores : si on leur communique en effet une série d'ondes successives ou simultanées de périodes différentes, chacun d'eux choisit en quelque sorte celle du son spécial qui correspond à sa forme géométrique et aux conditions dans lesquelles il est placé, et la renforce énergiquement.

» Le monotéléphone peut donc s'appeler aussi bien *résonateur électromagnétique.*

» II. Dans le dispositif qu'on vient de décrire, les mouvements transversaux prédominent, et il est aisé de voir l'effet qu'ils peuvent avoir dans un téléphone ordinaire ; car si l'on essaye de faire reproduire par un monotéléphone la parole articulée émise dans un transmetteur, ou bien on n'entend à peu près rien si le son *spécial* de l'appareil est hors de l'échelle où se meut la voix humaine (de l'ut_2 à l'ut_4), ou bien, dans le cas contraire, on n'entend que des sons d'un timbre modifié et des articulations

émoussées, le tout noyé en quelque sorte dans la sonorité du son spécial, toutes les fois qu'il se fait entendre.

» Mais il est très facile de produire l'effet inverse, de faire prédominer les mouvements moléculaires de résonance sur les transversaux, de rendre au monotéléphone le rôle pantéléphonique, de lui faire reproduire tous les sons avec la même intensité et la parole articulée avec netteté.

» Il suffit, pour cela, de mettre obstacle aux vibrations transversales d'ensemble, en fixant légèrement les bords ou plusieurs points du diaphragme, par exemple en y appuyant convenablement les doigts.

» Le moyen le plus simple de faire l'expérience est le suivant. On reçoit dans le monotéléphone des sons différents successifs ou simultanés parmi lesquels se trouve le son *spécial*, ou des paroles articulées à peu près à la hauteur de ce son. On approche l'oreille du diaphragme : tant qu'elle en est à une certaine distance ou qu'elle l'effleure tout au plus, on entend seulement le son spécial ; mais, si l'on appuie de plus en plus l'oreille sur le diaphragme, le son spécial s'affaiblit peu à peu, et l'on finit par entendre tous les sons avec une égale intensité, ainsi que la parole articulée sans altération sensible du timbre. Par cette seule opération très simple on a rendu aux mouvements de résonance la prédominance sur les transversaux et à l'appareil la propriété pantéléphonique que possède le téléphone ordinaire à diaphragme encastré.

» Dans une Communication ultérieure, je reviendrai sur la construction du résonateur électromagnétique et sur ses applications. »

SPECTROSCOPIE. — *Loi de répartition des raies et des bandes, commune à plusieurs spectres de bandes. Analogie avec la loi de succession des sons d'un corps solide* [1]. Note de M. **Deslandres**, présentée par M. Cornu.

« Dans une Communication précédente, j'ai indiqué une loi simple qui règle la répartition des raies d'une même bande (*Comptes rendus*, t. CIII, p. 375), et qui peut être ainsi résumée [2] : « En général, les raies qui composent une même bande peuvent être divisées en séries de raies iden-

---

[1] Ce travail a été fait au laboratoire de l'École Polytechnique, sous la direction de MM. Cornu et Potier.

[2] Le professeur Rowland m'a écrit dernièrement qu'il avait, de son côté, trouvé la même loi, sans avoir eu d'ailleurs connaissance de mon résultat.

tiques, enchevêtrées les unes dans les autres, et telles que, dans chaque série, les intervalles d'une raie à la suivante forment à peu près une progression arithmétique ». Or, cette loi simple de distribution s'applique aussi aux bandes d'un même spectre de bandes, et cette extension nouvelle de la loi forme le sujet de la Note actuelle.

» Je représente une bande par la raie origine de l'une des séries arithmétiques qui la composent, la raie origine étant la raie placée à l'extrémité de la série du côté des intervalles les plus petits, et j'étudie la répartition de ces raies origines. Or, lorsque ces raies sont exprimées *en nombres de vibrations,* j'ai retrouvé, dans un certain nombre de spectres, la loi simple déjà indiquée pour les raies d'une même bande : les raies origines peuvent être divisées en séries qui ont aussi cette propriété commune que les intervalles d'une même série forment à peu près une progression arithmétique.

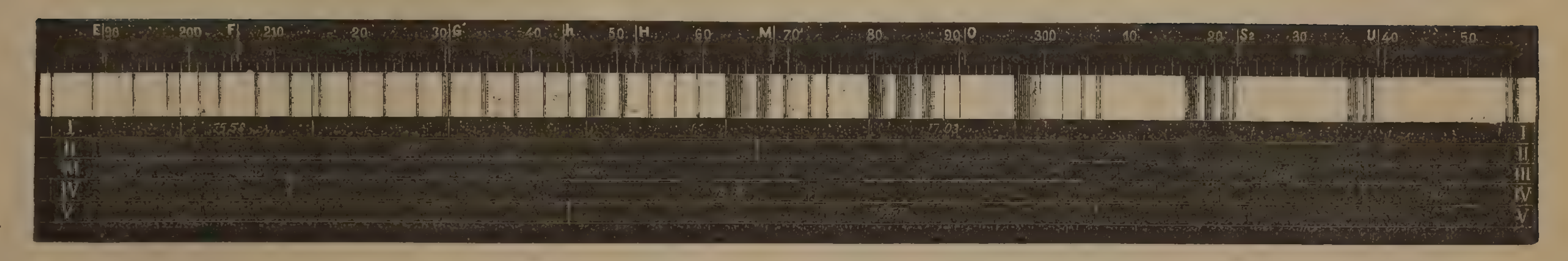
» Le premier spectre sur lequel j'ai constaté cette loi de répartition est le deuxième groupe de bandes de l'azote (de λ 500 à λ 280), qui est remarquable par sa grande étendue et sa régularité; il offre 50 bandes au moins, et chaque bande est formée par la superposition de trois séries arithmétiques égales et équidistantes. Dans ce qui va suivre, je considérerai seulement la raie origine de la série arithmétique du milieu.

» La description des indices particuliers à ce spectre, qui m'ont mis sur la voie, offrirait un certain intérêt, mais prendrait ici une trop grande place. Je présente seulement un dessin et un tableau de ces bandes. Le dessin montre les cinq séries arithmétiques, égales dans ce spectre, qui comprennent toutes les raies origines, et le Tableau permet de juger l'accord entre les nombres observés et les nombres calculés.

» Dans une Note précédente, j'ai représenté les raies d'une même bande par la formule $Am^2 + \alpha$, m étant un nombre entier qui varie de 1 en 1, 2 en 2, 3 en 3, etc.; de même, les raies origines de chaque série de bandes seront données par la formule $Bn^2 + C$, et l'ensemble des raies d'une série par $Am^2 + Bn^2 + C$. La quatrième série du deuxième groupe de l'azote est ainsi représentée par la formule $0,145735 \times n^2 - 152,533$.

» J'ai vérifié aussi la loi énoncée sur les spectres suivants : le troisième groupe positif de l'azote (de λ300 à λ200) dont les raies origines forment quatre séries; le groupe du pôle négatif de l'azote avec cinq séries, le coefficient B des deux spectres précédents étant à peu près égal au coefficient B du deuxième groupe de l'azote; le premier groupe positif de l'azote (de λ700 à λ500), avec au moins trois séries, que les mesures précises du docteur Hasselberg permettent de retrouver; le spectre attribué aux hydro-

Bandes du deuxième groupe de l'azote en nombres de vibrations (N).



N observés (série I).	N observés (série II).	N observés (série III).	N observés (série IV).	N calculés (série IV).	N observés (série V).	Numéros des raies.	Intervalles calculés.
»	»	»	1183,251 L	183,241	201,045 H	48	
»	»	»	197,360 H	197,377	215,179 H	49	14,136
»	»	193,162 L	211,792 H	211,805	229,578 H	50	14,428
»	188,372 H	207,770 H	226,517 H	226,524	244,279 H	51	14,719
»	203,388 H	222,787 H	241,518 H	241,526	259,316 D	52	15,010
198,776 H	218,685 H	238,080 H	256,837 D	256,828	274,664 D	53	15,302
214,352 H	234,256 H	253,714 D	272,444 D	272,430	290,247 D	54	15,593
230,247 H	250,117 H	269,587 D	288,337 D	288,315	306,077 D	55	15,885
246,374 H	266,350 D	285,791 D	304,492 D	304,492	322,247 D	56	16,176
262,872 D	282,831 D	302,230 D	320,946 D	320,961	338,707 D	57	16,468
279,636 D	299,569 D	318,990 D	337,723 D	337,721	355,479 D	58	16,759
296,664 D	316,628 D	336,020 D	354,772 D	354,773	»	59	17,051

Les nombres de vibrations des cinq séries sont placés de manière que les intervalles égaux des séries soient sur une même ligne horizontale. Ceux qui sont suivis d'un L ont été déterminés par M. Lecoq de Boisbaudran; ceux suivis d'un H, par le Dr Hasselberg; ceux suivis d'un D, par moi-même.

carbures et le spectre de l'oxyde de carbone; enfin, le spectre primaire de l'iode que M. Thalén a décomposé en sept séries semblables. Or, lorsqu'on exprime les bandes en nombres de vibrations, ces séries deviennent des progressions, et c'est ainsi que les trente-six bandes de la première série sont représentées par la formule $N_1 = 198,964 - 0,0102985 \times n^2$, n variant de 16 à 51. L'accord avec les nombres observés est suffisamment net, malgré la faiblesse de la raison par rapport à l'erreur possible de mesure.

» Cette loi, eu égard au nombre et à l'origine des spectres cités, apparaît comme générale, et elle ramène à une structure commune des spectres au premier abord dissemblables, comme les spectres de l'iode et des hydrocarbures. En outre, si l'on prolonge du côté des intervalles les plus petits les progressions de ces spectres, qui ne présentent, en général, que les grands intervalles, on arrive à un enchevêtrement de bandes, qui rappelle l'aspect confus de spectres plus complexes en apparence, tels que ceux du brome et de l'acide hypoazotique. Il est donc permis d'espérer que ces derniers spectres seront rapportés, eux aussi, à cette loi générale.

» Mais j'ai poussé plus loin cette étude pour quelques spectres, et pour le deuxième groupe de l'azote en particulier. J'ai prolongé du côté des intervalles les plus petits les cinq progressions qui comprennent toutes les bandes, et j'ai cherché si les origines de ces nouvelles progressions étaient aussi reliées par la même loi simple. Ces origines sont données par les constantes des formules $Am^2 + Bn^2 + C$ et sont égales à $-134,151$, $-152,533$, $-171,268$, $-190,687$, $-210,623$. Or les carrés de ces constantes ont des intervalles qui sont en progression arithmétique. On peut donc remplacer C par $\sqrt{Cp^2 + \gamma}$, p étant un nombre entier.

» D'autre part, le coefficient A n'a pas la même valeur pour toutes les bandes du spectre. Il paraît être une fonction simple des paramètres n^2 et p^2 qui définissent la raie origine de la bande; mais l'étude de cette fonction n'est pas terminée, et même, pour être faite avec la rigueur voulue, elle exige une dispersion supérieure à celle dont je dispose. De toute façon, le spectre considéré peut être représenté par trois formules presque identiques et de la forme $f(n^2, p^2) \times m^2 + Bn^2 - \sqrt{Cp^2 + \gamma}$ (1).

» Ces trois formules correspondent aux trois séries arithmétiques identiques et très voisines [distantes de $0^N,100$ au plus], qui composent chaque

(1) Cette forme de la formule est provisoire. En réalité, le facteur $f(n^2 p^2)$ représente la dérivée par rapport à m^2, pour $m = 0$, d'une fonction de m^2, n^2, p^2, probablement plus complexe.

bande du groupe (¹). Le spectre du pôle négatif, dont les bandes offrent une seule série, sera représenté par une seule formule (²).

PHYSIQUE. — *Influence du degré de concentration sur la tension de vapeur des dissolutions faites dans l'éther.* Note de M. **F.-M. Raoult**, présentée par M. Berthelot.

« Si, dans 100^{gr} d'éther, de tension de vapeur f, on dissout un poids P d'une substance de tension de vapeur négligeable, on obtient une dissolution dont la tension de vapeur f', à la même température, est moindre

(¹) Les séries arithmétiques, qui forment chaque bande d'un même spectre, peuvent être considérées comme dues à un quatrième paramètre. Mais ce paramètre, par ses variations, se montre nettement distinct des trois premiers, et j'incline à penser que ces séries sont liées à la formule chimique du corps composé qui produit le spectre, et dépendent en réalité de véritables constantes. Cette opinion a déjà été émise dans une Note précédente. Si, d'après cette idée, on ne considère dans chaque bande qu'une seule série, la plupart de ces spectres sont des fonctions de trois paramètres.

(²) *Analogie avec la loi de succession des sons d'un corps solide.* — Mais la formule ci-dessus indique une analogie très nette entre la répartition des raies spectrales et la succession des sons d'un corps solide. Le mouvement vibratoire le plus général d'un corps solide est, en effet, constitué par une somme indéfinie de vibrations pendulaires dont l'intensité dépend des conditions initiales et la période des conditions relatives aux surfaces. Or cette période est aussi représentée par une fonction de trois paramètres m^2, n^2, p^2 qui correspondent aux trois dimensions de l'espace et dont les valeurs sont déterminées par les équations transcendantes aux surfaces. Ainsi, pour prendre des exemples simples, le prisme rectangle, étudié en détail dans l'Ouvrage classique de Lamé sur l'*Élasticité*, offre dans certaines conditions l'ensemble des sons de la formule $N = K\sqrt{\frac{m^2}{a} + \frac{n^2}{b} + \frac{p^2}{c}}$. Pour une plaque rectangulaire appuyée, la formule devient $N = K\left(\frac{m^2}{a} + \frac{n^2}{b}\right)$; m, n, p sont ici des nombres entiers; a, b, c sont les côtés du rectangle et de la plaque. On peut représenter par des raies les sons de ces deux formules, et l'on voit aisément que les figures obtenues ont absolument l'aspect et la structure des spectres de bandes.

L'analogie est donc manifeste et, lorsque cette fonction de trois paramètres aura été déterminée expérimentalement pour ces spectres, il sera évidemment curieux de reprendre le problème en sens inverse et de rechercher les conditions aux surfaces qui donneraient une loi identique de distribution des sons. La question est, en effet, arrivée à un point où le secours de l'Analyse mathématique et de la théorie des nombres peut être fort utile.

que f. La diminution relative de tension $\frac{f-f'}{f}$ est, comme je l'ai trouvé par expérience (*Comptes rendus* du 6 décembre 1886), indépendante de la température et sensiblement proportionnelle à P, tant qu'il n'y a pas plus de 7^{mol} de substance dissoute dans 100^{mol} d'éther. Dans ce cas, la diminution relative de tension D, produite par une molécule de substance fixe dans 100^{mol} d'éther, est donnée par l'expression

$$(1) \qquad D = \frac{f-f'}{fP} \times \frac{M}{74},$$

dans laquelle M est le poids moléculaire de la substance fixe et 74 le poids moléculaire de l'éther. Alors, comme je l'ai montré, la valeur de D est constante et égale à 0,0096.

» Pour les dissolutions plus concentrées, la quantité D cesse d'être constante, et, si l'on augmente indéfiniment la proportion du corps fixe mélangé à l'éther, on voit cette quantité diminuer de plus en plus jusqu'à zéro. Pour donner une idée précise de la manière dont D varie avec la concentration, posons

$$y = D \times 10\,000.$$

» D'autre part, représentons par x le nombre de molécules de substance fixe dissoutes dans 100^{mol} d'éther, ce qui revient à faire

$$x = \frac{P \times 74}{M}.$$

» Prenons pour ordonnées les valeurs de y et, pour abscisses, les valeurs de x. Nous obtenons de la sorte une courbe pour chaque série de mélanges d'une même substance fixe avec l'éther. Par exemple, nous trouvons une première courbe pour les mélanges d'éther et d'essence de térébenthine, à différents degrés de concentration ; une seconde pour les divers mélanges d'éther et d'aniline, etc. Les courbes ainsi obtenues ont toutes l'aspect de lignes hyperboliques ayant les coordonnées pour asymptotes ; elles sont rapprochées les unes des autres ; elles se confondent toutes à leurs extrémités ; plusieurs d'entre elles se superposent presque exactement dans toute leur longueur. De la superposition de ces lignes résulte une courbe moyenne qui peut se définir comme il suit.

» La première partie de la courbe moyenne, comprise entre $x = 10$ et $x = 100$, est représentée par l'équation

$$(2) \qquad y = 100 - 1,105x + 0,0053x^2.$$

» La deuxième partie de la même courbe, comprise entre $x = 100$ et $x = 700$, a pour équation

$$(3) \qquad y^3 x^2 = 760000000.$$

» Pour les mélanges d'éther et d'aniline, d'éther et d'essence de térébenthine, les valeurs de y données par l'expérience se confondent, à $\frac{1}{80}$ près, avec celles que donnent les formules (2) et (3). Pour les mélanges de l'éther avec le benzoate d'éthyle, le salicylate de méthyle, l'acide valérianique, les valeurs observées de y sont un peu inférieures aux valeurs calculées, mais les différences n'excèdent jamais $\frac{1}{30}$. Pour les mélanges d'éther et de nitrobenzine, les valeurs observées de y sont, dans la région moyenne de la première partie de la courbe, inférieures de $\frac{1}{10}$ environ aux valeurs calculées.

» Lorsque x devient très petit ou très grand, toutes ces différences disparaissent, ainsi que je l'ai dit plus haut. Dans ce cas, les équations (2) et (3) conduisent à des lois simples et suffisamment exactes pour qu'il soit possible de les appliquer à la détermination des poids moléculaires.

» J'ai des raisons pour croire que tout ce qui vient d'être dit relativement aux dissolutions faites dans l'éther doit s'appliquer de point en point à la plupart des dissolutions faites dans tout autre liquide volatil, à la seule condition de remplacer, dans la formule (1), le nombre 74 par le poids moléculaire M′ du dissolvant volatil employé. Jusqu'à présent, en effet, j'ai trouvé qu'il en est ainsi pour les dissolutions de matières organiques dans l'iodure de méthyle et dans l'eau, sur lesquelles j'ai expérimenté. Les recherches que je poursuis montreront si ce fait est vraiment général. »

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *La mort par l'électricité dans l'industrie. — Ses mécanismes physiologiques. — Moyens préservateurs.* Note de M. **A. d'Arsonval**, présentée par M. Brown-Séquard.

« Dans de précédentes Communications [1], j'ai indiqué les causes physiques des dangers présentés par les machines dynamo-électriques. Je n'avais alors à ma disposition que de petites machines de laboratoire.

---

[1] Voir *Comptes rendus* des 26 janvier et 9 mars 1885, et aussi *Société de Biologie*, 20 décembre 1884.

Grâce à l'obligeance de M. le professeur Mascart et de M. Hippolyte Fontaine, j'ai pu récemment me placer au point de vue pratique et poursuivre mes expériences au Collège de France avec des dynamos industrielles à courant continu et à courants alternatifs.

» J'ai mis à profit ces circonstances pour faire une étude comparative des dangers présentés par les différentes sources d'électricité. Mes essais ont successivement porté sur les effets physiologiques :

» 1° D'une machine statique (Holtz à 4 disques) chargeant une batterie;

» 2° D'une pile de 420 volts;

» 3° De machines Gramme à courant continu;

» 4° De machines Gramme alternatives;

» 5° Des bobines d'extra-courant ou d'induction associées ou non à des condensateurs statiques.

» Pour compléter cette série, j'aurais dû étudier les effets des *transformateurs*, qui tendent à entrer dans la pratique et dont les effets sont autrement redoutables que ceux des machines précédentes; mais cette lacune sera bientôt comblée, grâce à l'obligeance de M. Picou, ingénieur en chef des ateliers Edison.

» A l'aide de toutes les sources d'électricité énumérées ci-dessus, on peut amener la mort en se plaçant dans des conditions déterminées. Cette mort s'accompagne de phénomènes et de lésions excessivement variables, suivant le mode opératoire. Dans cette Note, je me mettrai exclusivement au point de vue de l'hygiène publique et je me bornerai simplement à faire connaître les conclusions pratiques découlant de mes expériences.

» J'ai reconnu que les effets si variés de l'électricité sur les êtres vivants peuvent se diviser en deux catégories principales qui les embrassent tous. L'électricité entraîne la mort des deux façons suivantes :

» 1° *Par action directe* (effets disruptifs de la décharge agissant mécaniquement pour altérer les tissus);

» 2° *Par action réflexe ou indirecte* (en agissant sur les centres nerveux dont l'irritation entraîne l'infinie variété d'effets si bien étudiés par mon maître, M. Brown-Séquard, sous les noms d'*inhibition* et de *dynamogénie*).

» Cette distinction simple, qui résulte de l'observation minutieuse des faits, a également une valeur pratique en ce sens que, dans le premier cas, la mort est fatale et définitive, tandis que, dans le second, l'expérimenta-

tion m'a démontré qu'on peut le plus souvent ramener l'individu à la vie en pratiquant la respiration artificielle immédiatement après l'accident.

» Bien que je ne puisse m'étendre ici sur ce sujet, j'indiquerai en quelques mots les dangers présentés par les différentes sources électriques.

» 1° La décharge statique n'est fatalement mortelle qu'en frappant directement le bulbe avec des décharges bien localisées dont l'énergie correspondait dans mes expériences à 3^{kgm} environ. Dans ces conditions, les différents tissus (nerfs, sang, muscles, etc.), frappés isolément par la décharge, perdent irrémédiablement leurs propriétés physiologiques.

» Si la décharge n'a pas l'énergie voulue pour altérer mécaniquement le bulbe, elle agit en l'excitant et produit les phénomènes d'inhibition respiratoire, d'inhibition du cœur, d'ecchymoses sous-pleurales, d'emphysème pulmonaire, de paralysies, d'arrêt des échanges, etc., que M. Brown-Séquard a obtenus en irritant directement la région bulbaire par les excitants les plus divers. Contrairement à ce qu'on croit généralement, il est très difficile de foudroyer un animal. Ces effets secondaires ne sont donc pas le fait de l'électricité elle-même.

» 2° Avec la pile de 420 volts on n'amène la mort que par des interruptions fréquentes et longtemps prolongées du courant. Cette mort est due à l'état tétanique provoqué par le courant, plutôt qu'à l'action directe de l'électricité. Prochainement je signalerai les effets que donne une pile de 2000 à 2500 volts.

» 3° La machine Gramme à courant continu n'est dangereuse, ainsi que je l'ai signalé dans ma précédente Note, que par son extra-courant de rupture. J'ai pu constater que les machines compound, ou à double enroulement, ont des effets foudroyants moindres que les machines excitées en série ou séries-dynamo.

» L'extra-courant d'une série-dynamo donnant 20 ampères et 45 volts foudroyait un cobaye, tandis que l'extra-courant d'une compound donnant 25 ampères et 110 volts ne produisait aucun effet nuisible. Cette différence s'explique en considérant que le second enroulement sert de fil de dérivation. J'arrive à supprimer cet extra-courant en rompant le circuit graduellement à l'aide d'un simple robinet en grès, contenant du mercure qui sert de coupe-circuit.

» 4° Une machine Gramme alternative n'entraîne la mort qu'au-dessus de 120 volts de différence moyenne de potentiel.

» 5° Une bobine d'extra-courant est plus dangereuse qu'une bobine d'induction, surtout si elle est associée à un condensateur.

» Le danger d'une décharge isolée est défini uniquement par la *courbe électrique* de cette décharge. La notion de la différence de potentiel et de l'intensité moyenne ne suffit pas : on doit faire intervenir pour la plus grande part la notion de la *durée* de cette décharge. Pour l'analyse des effets physiologiques de l'électricité, j'ai imaginé depuis longtemps un appareil qui enregistre automatiquement cette courbe électrique de l'excitation, courbe dont on peut faire varier isolément et à volonté tous les paramètres. On arrive ainsi à dissocier facilement les effets de l'excitant électrique : j'y reviendrai prochainement.

» Il en est de même pour les courants alternatifs, pour lesquels il faut de plus tenir compte de la fréquence des renversements. Ne pouvant insister ici, je me borne à dire que, dans les conditions réalisées ordinairement dans l'industrie, le courant tue par action réflexe. Aussi ai-je pu, dans la majorité des cas, ramener à la vie les animaux foudroyés en pratiquant sur eux la respiration artificielle.

» La conclusion pratique de cette Note est qu'il faut, dans une usine électrique, pouvoir pratiquer immédiatement la respiration artificielle sur tout individu foudroyé; on a ainsi de grandes chances de le rappeler à la vie.

» Les courants employés jusqu'ici dans l'industrie tuent le plus souvent par arrêt respiratoire. La respiration artificielle, en empêchant l'asphyxie, permet à la respiration naturelle de se rétablir. »

M. **Brown-Séquard**, à propos de la Communication de M. *d'Arsonval*, présente les remarques suivantes sur le traitement de la perte de respiration.

« M. d'Arsonval aurait pu dire que, depuis plusieurs années déjà, nous employons avec succès, au Collège de France, un mode d'excitation ayant une très grande puissance pour faire revenir la respiration arrêtée par inhibition. Ce procédé est bien supérieur à la cautérisation transcurrente, employée par Faure et d'autres expérimentateurs. Il consiste tout simplement dans l'application d'un courant faradique aux côtés du larynx sur la peau humide ou superficiellement incisée.

» On sait que, dans les laboratoires, on donne avec un certain succès des chocs galvaniques sur un point quelconque, pour rétablir la respiration chez des animaux ayant eu une cessation de cette fonction par in-

fluence du chloroforme ou dans d'autres cas. Nous avons trouvé, dans des expériences comparatives, qui ne peuvent laisser aucun doute, que de toutes les parties du corps celle qui, étant galvanisée, a le plus de puissance pour faire revenir la respiration, est celle que nous avons désignée. Il y a une raison très naturelle pour qu'il en soit ainsi : par la faradisation de cette partie, on irrite légèrement les nerfs vagues, ce qui, comme le savent tous les physiologistes, est une cause de respiration et même quelquefois d'augmentation notable de l'énergie respiratoire. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Dosage de l'acide vanadique*. Note de M. **A. Ditte**, présentée par M. Debray.

« La méthode autrefois indiquée par Berzélius, et dont le principe repose sur l'insolubilité du vanadate d'ammoniaque dans le sel ammoniac, permet de doser le vanadium à l'état d'acide vanadique d'une manière exacte et relativement simple, mais à la condition de prendre quelques précautions indispensables si l'on veut être à l'abri de l'erreur.

» Le vanadate d'ammoniaque est en effet, à la température ordinaire, insoluble dans une solution saturée de sel ammoniac; si donc on ajoute du chlorhydrate d'ammoniaque à une dissolution d'un vanadate alcalin, de manière à l'en saturer, tout l'acide vanadique se précipite sous la forme d'une poudre cristalline blanche, qui se rassemble aisément et est facile à laver avec de l'eau saturée de chlorhydrate d'ammoniaque; mais, quand les lavages ont enlevé toutes les substances étrangères, il est indispensable d'éliminer le sel ammoniac à son tour; car, s'il en reste mélangé au vanadate ammoniacal ou si le filtre en demeure imprégné, il se volatilise lorsqu'on calcine la matière, réduit l'acide vanadique en donnant des composés volatils, et l'on voit alors apparaître, le long des bords de la capsule de platine dans laquelle l'opération s'effectue, une coloration bleue de la flamme, signe certain que du vanadium s'est volatilisé et que le dosage est inexact. La quantité de métal entraîné peut être considérable si le sel ammoniac était mélangé au vanadate en proportion un peu notable; mais, si peu qu'il en reste, on comprend que la même réaction se produise et donne lieu à des pertes d'acide vanadique impossibles à évaluer.

» Il est donc nécessaire d'enlever la totalité du chlorhydrate d'ammoniaque, et l'on peut y parvenir en se servant d'alcool; mais ce réactif, versé sur un filtre imprégné d'une solution saturée de sel ammoniac, précipite

ce dernier à la surface du filtre et dans son épaisseur même, et ce sel, peu soluble dans l'alcool, devient difficile à entraîner; employer un mélange d'eau et d'alcool serait dangereux, car un tel mélange contenant même 4 parties d'alcool pour 1 d'eau dissoudrait un peu de vanadate s'il n'était au préalable saturé de sel ammoniac qu'il ne pourrait plus dissoudre. Voici comment on peut s'y prendre pour éviter ces inconvénients :

» 1° Supposons l'acide vanadique dissous à l'état de sel alcalin pur. Il convient tout d'abord de s'assurer que la liqueur est neutre ou alcaline; car dans une solution acide le vanadate ammoniacal ne se précipiterait pas complètement; comme tout vanadate acide est plus ou moins coloré, si la liqueur à analyser n'est pas complètement incolore, on lui ajoute de l'ammoniaque et on la chauffe jusqu'à décoloration totale; cette décoloration aurait lieu à froid, mais elle pourrait demander plusieurs heures. Une fois la température du liquide descendue à 30° ou 40°, on y projette peu à peu du chlorhydrate d'ammoniaque en poudre et l'on agite de manière à le saturer de ce sel à peu près; enfin on ajoute à la solution quatre ou cinq fois son volume d'alcool et on la laisse reposer quelques heures; le sel ammoniac étant peu soluble dans ce mélange,.on se trouve opérer ainsi avec une liqueur saturée dans laquelle ce vanadate d'ammoniaque est insoluble; enfin, si la température de la solution aqueuse ne dépassait pas 40° quand on l'a saturée de chlorhydrate, l'addition d'alcool ne précipite que peu de ce sel et, comme il est très divisé, des lavages à l'alcool peuvent aisément le dissoudre. Après quelques heures de repos, on filtre le liquide alcoolique et on lave le précipité réuni sur le filtre avec de l'alcool qui ne dissout pas de vanadate d'ammoniaque en proportion appréciable.

» Lorsqu'on agite la solution aqueuse avec le sel ammoniac dont on veut la saturer, il est bon d'éviter l'emploi d'une baguette de verre, car, partout où elle frotte le vase, il se dépose des cristaux de vanadate adhérents aux parois et difficiles à en détacher avec un pinceau.

» 2° Quand la liqueur dans laquelle on veut doser l'acide vanadique contient, outre le vanadate, d'autres sels alcalins peu solubles dans l'alcool, ils pourraient être précipités avec le vanadate d'ammoniaque et l'on doit modifier un peu la manière d'opérer. On commence par saturer la liqueur de sel ammoniac dont on laisse un petit excès non dissous, puis on y verse quatre ou cinq fois son volume d'une solution saturée du même sel; on laisse déposer quelques heures, on décante sur un filtre la liqueur claire qui surnage le précipité et qui contient la majeure partie des sels étrangers, et on la remplace par de nouvelles solutions de sel ammoniac en

ayant bien soin de laisser toujours un peu de sel solide. Après cinq ou six heures de repos, on recommence la décantation de la liqueur claire sur le même filtre qui a déjà servi et, suivant les circonstances, on répète encore une ou plusieurs fois le lavage. Enfin on perce le filtre, on le lave à l'eau bouillante pour recueillir les traces de vanadate d'ammoniaque qui auraient pu être entraînées pendant les décantations, et l'on reçoit l'eau de lavage dans le vase qui renferme le précipité de vanadate ammoniacal qui se redissout en partie ; la nouvelle liqueur ainsi obtenue est exempte de sels étrangers ; on la sature vers 40° de sel ammoniac et l'on termine l'opération comme il a été dit précédemment.

» 3° Le filtre qui contient le vanadate d'ammoniaque, bien lavé à l'alcool, est séché à l'étuve ; on fait tomber le dépôt dans une capsule de platine, on place le filtre par-dessus et l'on chauffe graduellement jusqu'au rouge. Le filtre brûle, le vanadate se décompose, le charbon du filtre brûle à l'air, enfin la masse fond ; on la maintient quelque temps en fusion de manière à l'oxyder complètement, et l'on pèse la capsule après refroidissement.

» En opérant ainsi sur quelques décigrammes d'acide vanadique, on pourrait craindre la formation de petites quantités du composé VO^4, VO^5 très difficile à oxyder totalement dans ces circonstances. Pour éviter cette faible cause d'erreur, on effectue la calcination au rouge sombre, et, sans s'inquiéter de brûler le charbon du filtre, on l'arrose, ainsi que la matière pulvérulente qui provient de la destruction du vanadate d'ammoniaque, avec un peu d'acide azotique pur, puis on évapore à sec : les oxydes du vanadium se changent en acide vanadique ; le résidu de l'évaporation étant alors porté au rouge, ce qui reste du filtre disparaît en quelques instants, l'acide vanadique fond, et on le pèse après refroidissement de la capsule.

» 4° Quand l'acide vanadique à doser n'est pas à l'état de sel alcalin, il faut en général l'y amener et se débarrasser des oxydes étrangers. On procède à cette séparation d'une façon qui varie avec la nature des oxydes en présence desquels on se trouve, et cette opération souvent difficile conduit à obtenir l'acide vanadique en solution alcaline ; il ne reste plus alors qu'à opérer le dosage comme on vient de l'expliquer. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Rôle chimique du manganèse et de quelques autres corps dans les aciers.* Note de M. F. **Osmond**, présentée par M. Troost.

« J'ai étudié antérieurement, dans différentes conditions de chauffage et de refroidissement, les relations qui existent, pour les aciers simplement carburés, entre les changements moléculaires du fer et les changements d'état du carbone.

» Je me propose aujourd'hui de montrer quelle action exercent sur les phénomènes précités les différents corps étrangers que l'on rencontre le plus souvent associés au carbone dans les aciers industriels.

» Le rôle du manganèse, dont la présence est constante dans les produits Bessemer et Martin-Siemens, était particulièrement intéressant à fixer; j'ai donc étudié d'abord le refroidissement des échantillons suivants :

	Aciers.				Ferromanganèses de Saint-Louis.	
	A.	B.	C.	D.	E.	F.
Carbone pour 100....	0,29	0,32	0,42	0,46	»	»
Silicium pour 100....	0,06	0,05	$0,03_5$	0,07	»	»
Manganèse pour 100.	0,27	0,50	1,00	1,08	20,00	50,00

» Les résultats d'observation sont réunis dans le Tableau ci-dessous [1] :

	A.	B.	C.	D.	E.	F.
Température initiale du refroidissement	1100°	1100°	1100°	1100°	900°	900°
Ralentissement principal dû au changement d'état du fer	800°-715°	760°-690°	725°-690°	720°-643°	Absence.	
Récalescence	685°	664°	648°	643°	Absence.	

» On voit, en comparant ces résultats entre eux et à ceux que fournissent d'autres aciers aussi peu manganésés que possible, que, pendant le refroidissement, le manganèse retarde à la fois le changement moléculaire du fer et la récalescence, c'est-à-dire qu'il maintient le carbone à l'état dissous et le fer à l'état β, d'autant plus longtemps qu'il est en proportions plus

---

[1] Les déviations du galvanomètre sont transformées en degrés par la formule parabolique de Tait, comme dans les Notes des 26 octobre et 6 décembre 1886.

fortes. Cette action est absolument comparable à celle que produirait un refroidissement plus rapide sur un acier non manganésé de même teneur en carbone. En un mot, elle équivaut à une trempe plus ou moins dure; conclusion d'accord avec les propriétés mécaniques connues des aciers manganésés. Dans les ferromanganèses à 20 pour 100 de Mn et au-dessus, on n'observe plus aucune perturbation, le refroidissement ayant été suivi jusqu'à 300°. Le fer et le carbone y restent donc au même état depuis le rouge-cerise clair jusqu'à la température ordinaire. C'est pourquoi ces alliages ne sont pas magnétiques à froid, tout comme les aciers au-dessus de la température critique : le fer est dans les deux cas sous la même forme.

» Le tungstène possède la même propriété que le manganèse et même à un degré plus marqué. Un acier dur pour aimants, contenant une assez forte proportion de tungstène et aussi de manganèse, ayant été abandonné au refroidissement à partir de 1100°, n'a donné la récalescence qu'à la température exceptionnellement basse de 540°-530°. Toutefois la température initiale a ici une grande influence.

» Le chrome ne paraît pas agir sur la transformation du fer, autant du moins que j'ai pu m'en assurer, n'ayant pas à ma disposition d'aciers chromés extra-doux; mais il a certainement sur la récalescence une action précisément contraire à celle du manganèse : il élève la température à laquelle se produit le changement d'état du carbone, et c'est vraisemblablement à cette circonstance que les aciers chromés doivent d'être peu fragiles eu égard à leur dureté.

» Le silicium ne se rencontre guère dans les aciers sans y être accompagné d'une quantité généralement supérieure de manganèse. Dans ces conditions, il ne semble pas avoir d'influence sur les phénomènes étudiés. Ces phénomènes se sont produits, pour un échantillon contenant pour 100

Carbone..... 0,35 Silicium..... 0,55 Manganèse... 0,87

aux mêmes températures que pour un acier sans silicium présentant du reste la même composition. On sait d'ailleurs que le silicium ne fait pas tremper les aciers.

» Le soufre neutralise, pour ainsi dire, une partie du manganèse. Un acier rouverin, pratiquement inutilisable, contenant pour 100

Carbone..... 0,48 Soufre...... 0,28 Manganèse.... 0,51

a donné la récalescence à 696°; tandis que l'acier B ci-dessus, de même teneur en manganèse, mais n'ayant que la faible teneur en soufre des aciers normaux, avait donné le même phénomène à 664°. La différence entre les teneurs en carbone des deux échantillons n'expliquerait nullement un aussi grand écart.

» Le phosphore n'a pas d'influence certaine sur la modification du fer ni sur la récalescence. Son action nuisible doit être rapportée à des causes absolument différentes, c'est-à-dire à la formation dans l'acier de composés fragiles par eux-mêmes et qui facilitent, en fondant à une température relativement basse, la cristallisation du fer.

» Chaque corps étranger joue donc dans les aciers un rôle distinct. L'équivalence entre proportions définies de corps différents n'aura donc généralement lieu que vis-à-vis d'une seule propriété physique, les autres propriétés étant simultanément altérées suivant des lois différentes. Le carbone paraît rester le seul corps *aciérant*, au sens classique du mot : les autres corps qui interviennent aussi dans les propriétés caractéristiques des aciers ne sont que des modificateurs; mais la métallurgie en tire souvent un parti utile pour répondre à des besoins déterminés (1). »

CHIMIE. — *Sur quelques combinaisons ammoniacales du sulfate et de l'azotate de cadmium.* Note de M. G. André, présentée par M. Berthelot.

« Voici quelques détails relatifs à la préparation des sulfates et azotates de cadmium ammoniacaux obtenus dans des circonstances différentes de celles où on les a d'abord préparés : j'indique aussi les rapprochements que l'on peut faire avec les sels correspondants de zinc et de cuivre.

» I. Si l'on fait passer un courant de gaz ammoniac dans une solution de sulfate de cadmium dans l'ammoniaque, en refroidissant bien le liquide, il se produit au bout de peu de temps un volumineux précipité cristallin formé de très petites aiguilles. Ce composé, séché sur du papier, dégage une très forte odeur d'ammoniaque; il possède la même formule que le corps que l'on obtient en dissolvant à une douce chaleur ces mêmes cristaux qui remplissent la solution ammoniacale et laissant refroidir le liquide. Dans ce dernier cas, les cristaux sont seulement un peu plus volumineux.

---

(1) Ce travail a été commencé au laboratoire de M. H. Le Chatelier et poursuivi au laboratoire de M. Troost.

» L'analyse conduit à la formule $CdSO^4, 2AzH^3, 2HO$:

	Calculé.	Trouvé. I.	Trouvé. II.
SO^3	25,64	25,67	26,12
Cd	35,89	35,21	35,69
AzH^3	21,79	22,31	21,70

» Le rapport $\frac{Cd}{AzH^3}$, égal à $\frac{1}{2}$, est le même qu'avec le sulfate de cuivre ammoniacal que j'ai préparé en faisant passer un courant très prolongé de gaz ammoniac dans le sulfate de cuivre; c'est encore ce même rapport que présente le sulfate ammoniacal de zinc préparé dans les mêmes conditions.

» On peut précipiter la presque totalité du cadmium à l'état de sulfate ammoniacal, en maintenant suffisamment longtemps le courant gazeux, comme dans le cas du sulfate de cuivre, mais moins complètement.

» Des cristaux de même formule que les précédents peuvent être obtenus en mettant sous une couche d'alcool une solution de sulfate de cadmium dans l'ammoniaque. Au bout de plusieurs jours, il se dépose de grands cristaux en tables qui, séchés sur du papier, semblent moins altérables que les précédents et ne dégagent qu'une très faible odeur ammoniacale ([1]). On retrouve encore la même composition avec les cristaux obtenus par évaporation d'une solution de sulfate de cadmium dans l'ammoniaque.

» II. La dissolution de l'oxyde de cadmium dans le sulfate d'ammonium se fait assez aisément; mais, même après une action prolongée, on n'obtient par refroidissement que des mélanges de composition non constante, contenant du sulfate d'ammonium et du sulfate double de cadmium et d'ammonium. Une solution saturée à froid de AzH^4SO^4 a été chauffée plusieurs heures avec de l'oxyde de cadmium : après deux évaporations ménagées suivies de la séparation de cristaux de sulfate d'ammoniaque, j'ai isolé un sel dont la composition se rapproche de la formule

$$SO^4Cd, 3AzH^4SO^4, 10HO.$$

» Avec l'oxyde de cuivre, dans ces conditions, on n'obtient que des

---

([1]) Sur ce sujet, voir les expériences de Malaguti et Sarzeau (*Ann. de Chimie et de Physique*, 3e série, t. IX, p. 431, et celles de G. Müller (*Lieb. Ann.*, t. 149, p. 70).

cristaux de AzH^4SO^4 colorés en bleu clair par un peu de sulfate de cuivre, mais n'en retenant que 3 à 4 pour 100. En évaporant à sec cette solution et reprenant par l'eau le résidu, Tüttschew a obtenu un sulfate basique insoluble qui présente la composition de la *brochantite*.

» L'oxyde de zinc ajouté peu à peu à une solution de sulfate d'ammoniaque à l'ébullition, de façon que le liquide reste toujours limpide, fournit une belle cristallisation, peu abondante, laquelle constitue un sulfate double à équivalents égaux, très voisin de la formule $SO^4Zn, AzH^4SO^4, 7HO$, mélangé cependant d'un peu de sulfate d'ammoniaque. Le sulfate double, préparé par le mélange des deux sulfates, présente sensiblement la même composition.

» III. Lorsqu'on dissout du nitrate de cadmium cristallisé dans de l'ammoniaque à 20 pour 100, les premières portions du sel disparaissent immédiatement; il se fait, par une addition ultérieure de sel, un volumineux précipité cristallin; celui-ci a été redissous à une faible chaleur et exposé ensuite au froid. On a séché sur du papier les cristaux de nitrate ammoniacal déposés; leur composition est la suivante, $AzO^6Cd, 3AzH^3, HO$:

	Calculé.	Trouvé.
AzO^5	30,33	30,11
Cd	31,46	31,87
AzH^3	28,65	28,41

» Ils dégagent, en fondant, un peu d'eau, quand on les chauffe dans un petit tube, puis ils noircissent et produisent une légère explosion. On obtient un corps de même composition, mais anhydre, en faisant passer un courant prolongé de AzH^3 dans une solution ammoniacale de nitrate de cadmium. Les cristaux assez volumineux déposés au sein du courant ont pour formule $AzO^6Cd, 3AzH^3$:

	Calculé.	Trouvé.
Cd	33,13	32,72
AzH^3	30,18	30,32

» Ces deux derniers corps donnent au contact de l'eau froide un précipité blanc amorphe.

» Le rapport $\frac{Cd}{AzH^3}$ est donc égal à $\frac{1}{3}$ dans ce nitrate; dans le nitrate de zinc ammoniacal, ainsi que je l'ai établi par des analyses antérieures, il est égal à $\frac{1}{2}$. Ce dernier rapport est également celui du nitrate ammoniacal de cuivre (Berzélius, Kane). Il ne semble pas exister d'autre nitrate ammoniacal de cuivre que celui décrit par ces deux auteurs. En effet, que l'on

emploie un courant prolongé de gaz ammoniac passant à froid dans une solution de nitrate de cuivre dans l'ammoniaque, exposée ensuite à basse température, ou que l'on redissolve à une douce chaleur le précipité de nitrate ammoniacal obtenu en ajoutant un excès de nitrate de cuivre dans de l'ammoniaque, faisant ensuite passer un courant de ce gaz, puis laissant refroidir, il se forme toujours un composé dans lequel le rapport

$$\frac{Cu}{AzH^3} = \frac{1}{2}.$$

» Dans le n° 5 des *Berichte der deuts. chem. Gesells.*, paru il y a quelques jours, je trouve [1] l'indication de la préparation d'un chlorure de zinc ammoniacal obtenu par la dissolution de l'oxyde de zinc dans le sel ammoniac. J'ai décrit avec détails, il y a trois ans, cette même préparation ainsi que celle d'un bromure ammoniacal, et j'ai fait connaître les composés provenant : 1° de l'action de l'eau en excès; 2° de l'action de l'eau en tube scellé sur ces corps [2]. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la recherche et le dosage du vanadium dans les roches et les minerais.* Note de M. **L. L'Hôte**, présentée par M. Peligot.

« Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 7 décembre 1885), j'ai donné un procédé qui permet d'extraire de la vanadite la totalité du vanadium à l'état de chlorure de vanadyle, en utilisant la différence de volatilité des chlorures à une température déterminée.

» En poursuivant mes recherches, j'ai observé qu'on pouvait appliquer ce procédé au dosage du vanadium dans les roches et les minerais.

» La méthode suivie comprend deux opérations : l'extraction du vanadium à l'état de solution vanadique ; son dosage par liqueurs titrées ou par pesées.

» Pour isoler le vanadium, il faut faire passer du chlore sec sur le mélange intime de matière (4 parties) et de charbon (1 partie) contenu dans un tube chauffé dans une étuve spéciale à la température de 250°. S'il s'agit de minerais, qui, presque toujours, sont arsénifères, il est indispen-

---

(1) Hermann Thoms, *Berichte*, t. XX, p. 743.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. III, p. 84 et 98.

sable de calciner préalablement au rouge le mélange empâté avec de l'huile. Lorsqu'on opère sur une roche, cette précaution est inutile. Comme générateur de chlore, on se sert de l'appareil de M. Schlœsing (*Encyclopédie chimique*, t. X, p. 219).

» Le tube contenant le mélange est relié à un système de condenseurs, formé de deux tubes barboteurs à boules de Mohr, renfermant de l'eau distillée. Le chlorure de vanadyle ayant la propriété de donner, en présence de l'eau, de l'acide vanadique, la présence du vanadium est signalée par la formation d'un enduit rouge sur la portion du premier tube reliée directement à l'appareil.

» S'il n'y a qu'une très faible quantité de vanadium dans la roche examinée, le liquide de la première boule ne se colore pas. On peut caractériser le vanadium en dissolvant le produit condensé dans l'acide chlorhydrique faible. La solution évaporée donne un résidu qui, mouillé avec une goutte de sulfure d'ammonium incolore (1), prend la coloration pourpre caractéristique du sulfure de vanadium.

» On dose le vanadium en suivant la méthode de Margueritte appliquée à la détermination de petites quantités de fer. Il faut d'abord préparer une liqueur titrée d'acide vanadique, en dissolvant de l'acide vanadique pur dans l'acide sulfurique. 10^{cc} de cette liqueur correspondent à $0^{gr},0028$ de vanadium. De nombreuses expériences synthétiques m'ont démontré qu'on pouvait doser le vanadium comme le fer, en réduisant le sel vanadique par le zinc. La solution de permanganate employée pour l'oxydation est au $\frac{1}{1000}$. Avec une pareille dilution, il est nécessaire d'observer certaines précautions pour bien saisir la fin de l'opération. Il faut opérer avec des liqueurs chaudes et se servir d'eau distillée n'ayant aucune action sur le permanganate. L'eau distillée, préparée dans les conditions ordinaires, décolore toujours le permanganate en solution étendue. En la distillant de nouveau sur du permanganate cristallisé et en la conservant à l'abri des poussières de l'air, elle est suffisamment pure pour le titrage. Par un calcul très simple, on obtient la proportion de vanadium.

» Lorsque la quantité d'acide vanadique est assez élevée, comme dans certains minerais, le liquide de la première boule se colore en bleu verdâtre. La solution acide additionnée d'ammoniaque et évaporée à sec

(1) On prépare facilement ce sulfure incolore, en mettant des copeaux d'argent vierge dans le petit flacon plein de sulfure d'ammonium.

Le sulfure d'argent est complètement insoluble dans le sulfure alcalin.

donne un résidu qui, chauffé au rouge, est de l'acide vanadique qu'on peut peser.

» Voici quelques-uns des résultats obtenus :

» *Roches*. — J'ai opéré sur de la bauxite, roche dans laquelle Henri Sainte-Claire Deville a reconnu la présence du vanadium (¹) en analysant des petits cristaux octaédriques qui s'étaient déposés dans des lessives alumino-sodiques.

» On a dosé, par kilogramme :

	Vanadium.
Bauxite des Baux	$0^{gr},050$
Bauxite de la Cluse de Péreille (Ariège)	$0^{gr},031$

» *Minerais*. — On a recherché le vanadium dans de la pechblende (urane oxydulé) et dans un minerai de fer.

» La pechblende est un minéral très arsénical.

» Voici les chiffres trouvés, en rapportant à 1^{kg} :

	Vanadium.
	gr
Pechblende de Bohême I	1,620
Pechblende de Bohême II	1,400
Fer oxydé hydraté (Moselle)	0,083

» J'ajouterai que, par cette méthode, j'ai pu constater directement le vanadium dans les scories de déphosphoration qui sont utilisées aujourd'hui par l'Agriculture comme matière phosphatée. »

CHIMIE. — *Sur une nouvelle classe de ferro- et de ferricyanures*. Note de M. **J.-A. Muller**, présentée par M. Friedel.

« En précipitant incomplètement, par le chlorure ferrique, l'eau mère d'une lessive de prussiate de potasse obtenue à l'usine des produits chimiques de Croix (Nord), où l'on appliquait le procédé Ortlieb et Muller pour la fabrication de l'acide cyanhydrique et de ses dérivés (²), M. J. Ortlieb trouva, après avoir séparé le précipité de bleu de Prusse formé dans le traitement précédent, que le liquide filtré donnait, avec le chlorure ferrique, un précipité violet.

(¹) *Annales de Chimie et de Physique*, 3ᵉ série, t. LXI, p. 314.
(²) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XLI, p. 449.

» Un pareil précipité avait aussi été obtenu par M. Schützenberger (¹), dans la précipitation, par le chlorure ferrique, d'une solution de prussiate provenant du traitement des résidus des épurateurs d'usines à gaz; mais M. Schützenberger disposait d'une quantité de produit trop minime pour en faire une étude complète.

» Ayant eu à ma disposition environ 300gr à 400gr de précipité violet sec, je me suis proposé de faire l'étude de ce produit ainsi que de ses dérivés, et je vais résumer dans cette Note les résultats auxquels je suis déjà arrivé.

» *Préparation du ferrocyanure de potassium correspondant au précipité violet.* — Le précipité violet a été traité à chaud par une solution de carbonate de potasse pur, employé en quantité insuffisante pour transformer la totalité du précipité; la solution a été filtrée, et le liquide fut légèrement alcalinisé par une lessive de potasse; puis, après ébullition, le mélange obtenu fut filtré une seconde fois. Le liquide filtré fut évaporé au bainmarie, de façon à obtenir une solution presque saturée, en la refroidissant à la température ordinaire. Cette solution froide fut ensuite additionnée d'une quantité suffisante d'alcool ordinaire, pour obtenir un précipité assez notable, et le mélange fut filtré, afin de séparer le prussiate ordinaire qui reste dans le précipité formé par l'alcool. Enfin, la solution alcoolique fut évaporée à sec, le résidu repris par l'eau, et la solution filtrée fut abandonnée à la cristallisation par évaporation spontanée. Il se forma d'abord une cristallisation confuse, en forme de choux-fleurs, tapissant les bords supérieurs du cristallisoir, jusqu'au niveau du liquide; mais, bientôt après cette première cristallisation, il s'en forma une seconde, beaucoup plus régulière, au fond du cristallisoir.

» *Caractères du nouveau cyanoferrure de potassium.* — Ce corps cristallise, soit en écailles très minces, soit en tablettes rectangulaires plus ou moins épaisses; il est très soluble dans l'eau, qui dissout, pour 100 parties d'eau à 18° de température, 148 parties de sel cristallisé. La solution de ce sel, qui est neutre au tournesol et à la phénolphtaléine, offre, vis-à-vis des sels métalliques suivants, les caractères que voici :

» *Chlorure de cadmium.* — Précipité blanc laiteux, se rassemblant par chauffage, soluble dans l'acide chlorhydrique.

» *Nitrate de cobalt.* — Précipité couleur fleur de pêcher, devenant bleu lorsqu'on

(¹) D'après une communication particulière.

chauffe et reprenant sa couleur par refroidissement; ce précipité est insoluble dans l'acide chlorhydrique.

» *Sulfate cuivrique.* — Précipité vert-pomme, insoluble dans l'acide chlorhydrique.

» *Sulfate ammoniaco-ferreux.* — Précipité blanc, bleuissant instantanément lorsqu'on ajoute de l'acide nitrique.

» *Chlorure manganeux.* — Précipité blanc volumineux, soluble dans l'acide chlorhydrique.

» *Chlorure ferrique.* — Coloration violette et, au bout d'un ou deux jours, précipité de même couleur; ce précipité est partiellement soluble dans l'acide chlorhydrique froid et dilué.

» *Molybdate d'ammoniaque* (*solution nitrique*). — Précipité jaune serin.

» *Chlorure d'or.* — Coloration rouge brun.

» *Nitrate d'urane.* — Précipité jaune, un peu orangé; ce précipité est insoluble dans l'acide acétique, mais il est soluble dans une solution d'acétate d'ammoniaque.

» *Analyse.* — Les cristaux en écailles minces, séchés entre des doubles de papier buvard, renfermaient 15,93 pour 100 d'eau qu'ils perdirent complètement à 110°; ces cristaux, maintenus pendant plusieurs semaines dans l'air sec à la pression et à la température ordinaires, perdirent, sans s'effleurir, 13,85 pour 100 d'eau. L'analyse du nouveau cyanoferrure, faite sur la matière sèche, m'a donné les résultats suivants :

	Trouvé		Calculé pour
	I.	II.	$FeK^3C^6Az^5O$.
Fer	17,01	17,07	16,90
Potassium	35,30	35,15	35,41
Carbone	21,64	21,51	21,73
Azote	21,17	21,14	21,12
Oxygène	»	»	4,84
			100,00

» La formule $FeK^3C^6Az^5O + 3,5H^2O$ exige 15,98 pour 100 H^2O.

» *Action de la chaleur.* — Chauffé à l'abri de l'air, entre 300° et 400°, jusqu'à cessation de dégagement gazeux, le nouveau cyanoferrure perdit (à l'état sec), 9,05 pour 100 de son poids, et fournit 8,33 pour 100 d'oxyde de carbone absorbable par une solution acide de chlorure cuivreux : la formule $FeCOCy^5K^3$, exige 8,47 pour 100 de CO. Dans cette décomposition pyrogénée, il s'est formé, en outre, du cyanoferrure de potassium ordinaire et du cyanure de fer.

» La formule, $FeCOCy^5K^3$, s'interprète en admettant l'existence du radical trivalent, le *carbonylferrocyanogène*,

$$Fe\left\langle\begin{array}{l}CO\\ \mid\\ Cy^5\equiv\end{array}\right..$$

» *Action du chlore.* — En ajoutant à une dissolution du nouveau cyanoferrure de potassium une solution de chlore jusqu'à cessation de coloration violette avec le chlorure ferrique, on obtient un liquide jaune qui se distingue d'une solution de cyanoferride de potassium en ce qu'il donne avec le sulfate ferreux un précipité bleu, un peu violacé; avec le nitrate mercureux, un précipité qui est blanc au moment même de sa formation et avec le nitrate d'argent un précipité marron devenant blanc. Dans l'action du chlore sur ce nouveau cyanoferrure, il se forme aussi une petite quantité d'acide chlorhydrique et il se dégage un peu de gaz acide carbonique.

» En faisant agir l'amalgame de sodium sur une solution du nouveau ferrocyanure de potassium préalablement traitée par un faible excès d'eau de chlore, il s'est formé un mélange de cyanoferrure ordinaire et de carbonylferrocyanure : à ce dernier correspond donc aussi un *carbonylferricyanure.* »

M. C. Friedel présente les remarques suivantes, à l'occasion de la Communication de M. *Muller :*

« Le fait intéressant découvert par M. Muller, de l'existence d'un carbonylferrocyanure de potassium $FeCOCy^5K^3$ vient appuyer une formule que j'ai proposée, il y a quelques années, pour les ferrocyanures. Ces composés renfermeraient un anneau hexagonal d'atomes de carbone; dans le nouveau ferrocyanure de M. Muller, un groupe $(AzH)''$ se trouverait alors remplacé par O'' sans autre modification du noyau

```
              AzH                          AzH
               C                            C
          AzC/   \CAzH                 AzC/   \CAzH
     Fe/    |       |             Fe/    |       |
       \AzC         CAzH            \AzC         CAzH
            \C /                         \C /
              AzH                           O
```

» Si ces symboles ne peuvent encore être considérés comme s'appuyant sur un nombre suffisant de transformations, ils ont au moins l'avantage

d'être mnémoniques et de s'appliquer aux autres cyanures analogues et aux ferricyanures sans aucune difficulté. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le terpinol.* Note de MM. **G. Bouchardat** et **R. Voiry**, présentée par M. Friedel.

« Le terpinol découvert par Wiggers et List dans l'action à 100° des acides très dilués sur la terpine ou dihydrate cristallisé de terpilène a été considéré par eux comme un éther $C^{40}H^{34}O^2$ d'un monohydrate $C^{20}H^{18}O^2$ non encore trouvé à cette époque. Depuis, de nombreuses recherches ont été faites sur cette substance sans nous éclairer complètement sur sa composition. Celles d'Oppenheim montrent seulement que le terpinol de List n'est pas un corps homogène, mais renferme, d'après les résultats des analyses de fractions passant à des températures très différentes, un corps plus carburé et un second voisin de la composition d'un monohydrate véritable $C^{20}H^{18}O^2$, bouillant plus haut. Les nouvelles recherches de Tilden et surtout de Flawitzki, puis de Tanret, ont confirmé les résultats d'Oppenheim. Tanret([1]) particulièrement a réussi à isoler un composé liquide dont la composition et la densité de vapeur répondent bien à celles du monohydrate.

» Ces divergences nous ont engagés à reprendre cette étude. Nous avons constaté que la plupart des différences observées tiennent, d'une part, à ce que l'on désigne sous le nom commun de *terpinol* des mélanges d'origine très différentes, provenant soit de l'action des acides sulfurique ou chlorhydrique dilués sur la terpine, soit de l'action des alcalis, de la potasse alcoolique, sur les dichlorhydrates ou dibromhydrates de terpilène; actions qui, tout en paraissant fournir les mêmes corps, les donnent en proportions très différentes. De même, l'emploi des acides de concentrations variables fournit aussi des produits différents, ce qui multiplie encore les causes d'erreur.

» Nous avons principalement étudié la réaction primitive de List, en faisant agir à l'ébullition des solutions très étendues au millième au plus d'acide sulfurique sur la terpine. Le produit, distillé d'abord avec l'eau, a été soumis à une longue série de distillations fractionnées à la pression normale jusqu'à 190°. Sous pression réduite pour les produits supérieurs, il se sépare en deux masses, l'une passant de 170° à 176° sous la pression

---

([1]) Tanret, *Annales de Chimie et de Physique*, 1885.

normale, la seconde de 130° à 135°, sous une pression de 4^{cm} de mercure.

» Cette dernière portion rectifiée à nouveau se présente sous la forme d'un liquide très visqueux, à odeur de jacinthe ou de muguet, restant indéfiniment liquide à la température ordinaire, voisine de 0°. Nous y avons introduit une parcelle d'un autre monohydrate $C^{20}H^{18}O^{2}$ cristallisé, le monohydrate de caoutchine, dont nous avons, M. Lafont et moi, réalisé récemment la synthèse. Au bout d'un temps assez long, ce petit cristal a déterminé la cristallisation de la plus grande partie de cette fraction du terpinol. Nous avons isolé ces cristaux en les égouttant d'abord et en les essorant sur du papier pendant plusieurs jours.

» Ce nouveau composé cristallin a rigoureusement la composition d'un monohydrate $C^{20}H^{18}O^{2}$, identique ou seulement isomorphe avec le monohydrate de caoutchine. Ces cristaux fondent très facilement; leur point de fusion est situé entre 30° et 32°, ce qui les rapproche à nouveau des monohydrates de terpilènes.

» Le liquide fondu reste en surfusion; sa densité à 0° est de 0,952; il est inactif sur la lumière polarisée, comme la terpine qui lui a donné naissance et comme l'hydrate de caoutchine. Il bout à 218° sans altération; traité par un courant de gaz chlorhydrique, il se transforme intégralement en dichlorhydrate $C^{20}H^{18}Cl^{2}$ et en eau.

» L'ensemble de ses propriétés semble donc l'identifier complètement avec le monohydrate de caoutchine. Nous comptons vérifier cette opinion par la mesure des cristaux de ces deux substances. Ces expériences confirment d'une manière définitive la présence, dans le terpinol, d'un monohydrate de terpilène inactif pour lequel nous proposons le nom de *terpilénol* inactif ou de *terpol*. Ajoutons que, dans nos expériences, il s'en forme environ les $\frac{5}{6}$ de la masse totale.

» Le second produit obtenu passe presque entièrement de 170° à 173°; il reste liquide, même quand on le soumet à un froid prolongé de −50°. Sa densité à 0° a été trouvée égale à 0,898 et 0,902, c'est-à-dire intermédiaire entre celle de l'hydrate cristallisé précédent et celle du carbure. Sa composition répond assez exactement à celle indiquée par List, correspondant à la formule $(C^{20}H^{17}O)^{2}$; mais, si l'on prend la densité de vapeur de cette fraction, on constate que cette densité 4,66 correspond, non à cette formule, mais à la formule moitié moindre, ce qui est invraisemblable. En présence de ces résultats nous avons cherché de nouveau à fractionner ce produit avec le plus grand soin à l'aide d'un déflegmateur Le Bel à six boules. Mais, en prenant les densités à 0° d'abord de la portion passant avant 170°

presque nulle, puis de la portion principale 172°-174°, et enfin du résidu distillant au-dessus de 180°, nous avons constaté que ces densités étaient identiques. Comprises entre 0,905 et 0,902, nous avons constaté que toutes ces parties étaient sensiblement identiques.

» Nous croyons pouvoir expliquer ces résultats en disant que cette fraction renferme une combinaison spéciale de carbure $C^{20}H^{16}$ terpilénique avec le monohydrate précédent : combinaison analogue aux hydrates de chloral, par exemple, qui se décomposerait, en totalité ou à peu près, en carbure et en monohydrate vers 170°, de telle sorte que la densité de vapeur prise à cette température, ou au-dessus, doit être la moyenne de celle des deux composants. Cela expliquerait un grand nombre de résultats contradictoires obtenus précédemment, suivant que, dans la préparation, on aurait formé un excès de carbure ou de monohydrate.

» Cette fraction, que nous représentons, pour ne rien préjuger, par la formule $mC^{20}H^{16} + nC^{20}H^{18}O^2$, se comporte, vis-à-vis de l'acide chlorhydrique, comme le monohydrate lui-même : elle fixe la quantité de gaz correspondant à un dichlorhydrate que l'on obtient facilement cristallisé. Le composé tout entier appartient donc à la série terpilénique.

» Il se pourrait encore que ce produit fût constitué par un mélange de carbure terpilénique et d'un second hydrate à point d'ébullition voisin, comme on croit en avoir observé dans certaines essences naturelles, telles que l'essence de semen-contra, l'essence de cajeput. Nous espérons le démontrer prochainement; mais cette hypothèse nous paraît peu probable, les faits observés sur ces essences méritant d'être vérifiés de plus près. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des propylamines et des isoamylamines*. Note de M. H. MALBOT, présentée par M. Friedel.

« J'ai été conduit à étendre aux amines dérivées de différents alcools les observations que j'ai eu l'honneur d'exposer récemment à l'Académie, sur les isobutylamines [1].

» La présente Communication est relative aux propylamines dérivées de l'alcool propylique normal et aux isoamylamines dérivées de l'alcool amylique de fermentation [2].

[1] *Comptes rendus*, t. CIV, p. 63.

[2] Ces deux séries d'amines ont déjà fait l'objet des recherches de plusieurs chimistes.

» Ces deux alcools, avant d'être traités, ont été rectifiés avec le plus grand soin : le premier a distillé à 98°; le deuxième à 129°-130°. Ils ont été convertis en éthers chlorhydriques, qui ont été amenés eux-mêmes à l'état de pureté parfaite.

» Ces éthers ont été additionnés d'ammoniaque aqueuse en proportion exactement équimoléculaire, et chauffés en vases clos de 140° à 165° pendant douze ou vingt-quatre heures.

» Quand on laisse les tubes refroidir, on constate que la couche inférieure a augmenté aux dépens de l'autre. En même temps on voit la première couche se prendre en une masse de cristaux serrés de sel ammoniac. Si l'on prolonge l'action de la chaleur, il arrive un moment où la couche inférieure cesse d'augmenter, et par refroidissement les cristaux de sel ammoniac débordent un peu dans la couche supérieure : la réaction est alors arrivée à son terme.

» La couche inférieure est principalement constituée par du sel ammoniac et de l'eau; elle renferme, en outre, de l'ammoniaque, une portion d'amine primaire à l'état de sel et une portion à l'état libre, enfin des traces d'amines secondaire et tertiaire.

» La couche supérieure est formée essentiellement par des amines secondaire et tertiaire libres avec une certaine quantité d'éther chlorhydrique qui n'a pas réagi, de très petites quantités d'eau, d'alcool régénéré, enfin des traces d'ammoniaque et de sels d'amines en solution.

» L'ammoniaque et les sels sont éliminés par un lavage à l'eau. La liqueur surnageante, séchée sur de la potasse, est distillée. L'éther chlorhydrique et l'alcool correspondant passent d'abord avec un peu d'amine secondaire. La température s'élève ensuite brusquement et l'on recueille l'amine secondaire mélangée avec l'amine tertiaire, qui est notablement prépondérante.

» La proportion d'amine primaire diminue à mesure que le radical alcoolique se complique; elle est de $\frac{1}{5}$ pour les propylamines; elle était de $\frac{1}{10}$ pour les isobutylamines; elle devient extrêmement faible pour les isoamylamines.

» J'ai reconnu que toutes les bases qui se présentent en abondance à l'état libre sont déplacées à froid de leurs combinaisons salines par l'ammoniaque, avec la plus grande facilité. Cette action de l'ammoniaque fera l'objet d'une étude spéciale pour toute la série des amines combinées à des acides minéraux ou organiques, monobasiques ou polybasiques.

» Je ferai remarquer ici que cette propriété de l'ammoniaque modifie

profondément la théorie de la formation simultanée des amines, et conduit à de nouvelles équations. Il est à présumer que ces équations elles-mêmes ne traduisent les faits qu'incomplètement, car les amines libres, déjà formées, doivent réagir sur l'éther chlorhydrique concurremment avec l'ammoniaque, et là se trouve peut-être la cause principale de la prédominance des bases tertiaires dans ces nouvelles expériences.

» J'ajouterai, pour clore cet exposé, que le rendement est excellent.

» Je me propose de faire des recherches analogues sur d'autres amines de la série grasse et sur certaines amines de la série aromatique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les éthers octyliques des acides mono-, di- et trichloracétiques*. Note de M. **Gustave Gehring.**

« L'alcool qui a servi à la préparation de ces trois éthers composés a été obtenu par l'action de l'hydrate de potasse sur l'huile de ricin. C'est donc l'acide octylique secondaire découvert par M. Bouis.

» La transformation de cet alcool en monochloracétate d'octyle a été effectuée par la méthode d'éthérification, basée sur le principe de l'action de l'acide chlorhydrique gazeux sur un mélange de l'alcool et de l'acide. Dans ce but, on mélange dans un ballon de verre quantités équivalentes d'alcool octylique et d'acide monochloracétique cristallisé. On fait ensuite passer dans ce système un courant continu d'acide chlorhydrique gazeux bien sec. La masse s'échauffe très notablement. Pour arriver à une transformation complète, le liquide est chauffé pendant trente heures, en augmentant lentement la température et en condensant les vapeurs formées par un appareil à reflux. A la fin, on porte la température à 170°. Lorsque la solution est refroidie, on la verse dans l'eau. Il se sépare un liquide huileux, qui d'abord tombe au fond du vase; mais, après purification, il surnage dans l'eau pure. Toute acidité est enlevée en neutralisant le liquide par le bicarbonate de soude. On lave à grande eau, on sèche le produit sur le chlorure de calcium et l'on distille. Par fractionnement, on voit que la presque totalité du liquide passe à 234°.

» Ce corps a donné à l'analyse des nombres correspondant à la formule du monochloracétate d'octyle $CH^2ClCO^2(C^8H^{17})$.

» Le monochloracétate d'octyle est une huile neutre, incolore, très mobile, douee d'une odeur éthérée, piquante et d'une saveur brûlante. Il bout à 234°. Il tache le papier d'une manière permanente et brûle

avec une flamme vert foncé. L'eau ne le dissout pas, mais l'alcool et l'éther le dissolvent en toutes proportions. Sa densité à 10° est égale à 0,9904.

» La préparation du dichloracétate d'octyle s'opère de la façon suivante : On met dans un ballon, surmonté d'un réfrigérant ascendant, du dichloracétate de potassium sec et pulvérisé et l'on y ajoute de l'alcool octylique en léger excès par rapport à la quantité indiquée par l'équation. Il se forme une bouillie très épaisse, sensiblement sans dégagement de chaleur. Lorsqu'on y fait passer un courant d'acide chlorhydrique sec à une température peu élevée, la masse devient liquide et il se forme un dépôt cristallin de chlorure de potassium. On chauffe, comme dans le cas précédent, pendant trente heures, jusqu'à ce qu'il se produise un vif bouillonnement vers 175° et l'on s'arrête. Quand le refroidissement est complet, on verse le produit dans l'eau. Le liquide huileux qui se sépare à la surface est lavé par l'eau, séché par le chlorure de calcium et enfin soumis à une rectification. En fractionnant, on trouve que la majeure partie passe entre 241° et 246° avec point d'arrêt à 244°.

» Les analyses du corps ainsi purifié ont fourni des nombres qui s'accordent avec la formule du dichloracétate d'octyle $CHCl^2CO^2(C^8H^{17})$.

» Le dichloracétate d'octyle est un liquide neutre, incolore, mobile, moins lourd que l'eau; il bout à 244°. Il a à peu près les mêmes propriétés physiques que l'éther précédent. Son odeur et sa saveur sont moins marquées.

» Pour préparer le trichloracétate d'octyle, on dissout la quantité théorique d'acide trichloracétique dans l'alcool octylique. La dissolution s'accomplit avec dégagement de chaleur et le liquide vire en même temps au rouge vineux. En faisant passer de l'acide chlorhydrique, le mélange se maintient chaud. Après une heure, on commence à chauffer lentement jusque vers 150° et l'on y maintient le liquide pendant huit ou neuf heures. Le produit formé est précipité par l'eau, neutralisé par le bicarbonate de soude, desséché sur du chlorure de calcium et purifié par plusieurs distillations. On obtient ainsi un liquide qui passe, à 170°, dans le vide et dont l'analyse a fourni des résultats s'accordant avec la formule du trichloracétate d'octyle, $CCl^3CO^2(C^8H^{17})$.

» Ce corps est liquide, incolore, doué d'une odeur éthérée, voisine de celle des corps précédents; il bout vers 260°; sa densité est plus faible que celle de l'eau [1]. »

---

(1) Travail du laboratoire de M. le professeur P. Schützenberger, au Collège de France.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Recherche, dans les vins, des sucres de canne, glucoses et dextrines frauduleusement ajoutés*. Note de M. **Tony-Garcin**. (Extrait).

« La falsification des vins par les sucres, glucoses et dextrines a pris, depuis deux ans, une très grande importance, surtout dans les vins exotiques importés en France.

» J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les conclusions auxquelles m'ont conduit plus de cinq cents observations effectuées sur les vins les plus divers de nature et d'origine : France, Algérie, Italie, Espagne, Hongrie, Turquie, etc.

» Les vins décolorés à froid par le noir animal lavé à l'acide (30^{gr} de noir pour 100^{cc} de vin) sont passés au polarimètre Laurent dans le tube de 0^{m},20, puis on y dose la matière réductrice par la liqueur cuprotartrique.

» Voici la règle pratique que j'ai déduite de mes déterminations pour caractériser l'addition aux vins de sucre de canne (non interverti, c'est-à-dire ajouté après fermentation), de glucoses, de dextrines ou autres matières dextrogyres.

» On dose la matière réductrice à la liqueur cuprotartrique. On détermine la déviation polarimétrique.

» Si la teneur en matière réductrice est de 2^{gr} ou au-dessous, le vin est caractérisé contenir une matière dextrogyre étrangère, quand sa déviation polarimétrique est supérieure à $+13'$.

» Quand le vin contient plus de 2^{gr} de matière réductrice, de sa teneur, exprimée en grammes par litre, on déduit 1,5 et l'on multiplie le reste par 6. On affecte ce produit du signe +, et l'on en fait la somme algébrique avec la déviation polarimétrique observée, exprimée en minutes. Si cette somme est supérieure à + 13, on conclut que le vin est additionné d'une matière dextrogyre étrangère. Si l'excès sur + 13 dépasse une dizaine de minutes, la conclusion est certaine.

» Il ne reste plus au chimiste qu'à déterminer la nature de la matière ajoutée. Le sucre de canne est caractérisé et dosé par inversion, la dextrine par saccharification. La glucose, en l'absence de sucre de canne et de dextrine, par le rapprochement de la richesse du vin en sucre réducteur avec sa déviation.

» Pour les chimistes qui opèrent avec le saccharimètre Soleil, le Laurent

à lumière blanche, le Prazmowski à compensateur, j'ai vérifié expérimentalement qu'on peut à très peu près passer, pour le vin, du titre saccharimétrique à la déviation polarimétrique déterminée à la lumière jaune, en comptant le degré saccharimétrique pour 13'. La transformation faite, le calcul est effectué comme ci-dessus.

» Pour la commodité et la brièveté du langage, j'ai appelé dans le vin *déviation polarimétrique corrigée du sucre*, ou *déviation propre*, le résultat du calcul dont j'ai exposé le mécanisme plus haut. Mon travail se résume alors en cet énoncé :

» *La déviation propre d'un vin pur de matière dextrogyre n'est jamais supérieure à* + 13'. »

ZOOLOGIE. — *De l'appareil excréteur et des organes génitaux chez la Bilharzie.* Note de M. **Joannès Chatin** (¹).

« L'appareil excréteur est relativement très développé et s'ouvre au dehors par un orifice contractile situé vers l'extrémité de la région caudale. Cet orifice donne accès dans un réservoir assez allongé, et recevant les principaux vaisseaux, représentés par deux vaisseaux latéraux et un vaisseau médian, qui se sépare bientôt en deux branches divergentes. Au point de vue de la morphologie générale de ce système, la Bilharzie semble donc pouvoir être rapprochée des types (*Distomum clavatum*, etc.) chez lesquels ces vaisseaux sont au nombre de quatre. Des troncs principaux ainsi constitués partent plusieurs branches latérales qui émettent de nombreuses ramifications se subdivisant dans les diverses régions du corps. On remarque chez le mâle une réduction marquée dans les différentes parties de l'appareil, qui s'y présente néanmoins avec les mêmes dispositions générales. Les canaux excréteurs sont limités par une membrane propre, finement granuleuse sur sa face interne.

» Les organes génitaux offrent un intérêt tout spécial chez la Bilharzie, en raison de la diœcie qui caractérise ce type, diœcie absolument exceptionnelle dans le groupe des Trématodes; mais leur étude est difficile et l'on s'explique comment la plupart des auteurs se bornent à reproduire presque intégralement la description de Bilharz, qui est loin d'être exacte.

» On le reconnaît dès qu'on aborde l'examen de l'appareil sexuel du

---

(¹) Voir *Comptes rendus*, 28 février 1887.

mâle, dont les testicules sont généralement mentionnés comme « cinq » grosses masses ovoïdes et pressées les unes contre les autres ». Une telle interprétation doit être sans doute rapportée à l'étude exclusive d'animaux hâtivement durcis ou montés dans le baume du Canada, car, si l'on modifie la technique en faisant macérer les vers dans une solution alcaline faible, on voit les testicules se séparer nettement les uns des autres et se montrer formés, dans leur portion périphérique, par des tubes fins qui se continuent inférieurement avec les canaux séminifères. Ces dispositions sont doublement intéressantes, car elles montrent ici une dissémination rare chez les Distomiens, en même temps qu'elles indiquent une tendance vers la forme qui se trouvera réalisée chez le *D. hepaticum*, dont les testicules présentent une texture remarquable, que M. Émile Blanchard a le premier fait connaître.

» Les canaux séminifères, grêles et minces, s'étendent des testicules au canal déférent qui se dirige, après un court trajet, vers le « canal gynécophore ». Avant sa terminaison, il se renfle en une poche latérale assez volumineuse dans laquelle on chercherait vainement à distinguer une vésicule séminale, une poche du pénis, etc. : c'est un simple sac prostatique, analogue à celui qui existe chez divers autres Trématodes. Les termes mêmes de *pénis* et de *poche du pénis* doivent disparaître de la diagnose de la Bilharzie, cette espèce n'offrant pas trace d'organe copulateur et la partie terminale du conduit déférent n'y dépassant pas la valeur d'un canal éjaculateur.

» Chez la femelle, l'appareil reproducteur est également assez difficile à étudier dans son ensemble. Petit et latéral, l'ovaire se trouve masqué par une portion de l'utérus; il s'étend d'arrière en avant, offrant plusieurs lobes que séparent de faibles dépressions; son contenu est formé d'abondantes cellules parmi lesquelles on distingue des ovules à divers degrés de développement. Un oviducte assez court relie l'ovaire au carrefour formé par le conduit albuminifère et par le pédoncule de la glande coquillière.

» Les glandes albuminogènes sont représentées par de nombreux lobules disséminés latéralement et dont le produit se rassemble dans un canal central qui se dilate avant de se terminer près de l'oviducte, comme je viens de l'indiquer. La constitution de l'appareil albuminogène, étudiée dans sa partie glandulaire et dans ses voies évacuatrices, semble assez différente de ce qu'on a coutume d'observer chez la plupart des animaux voisins; cependant, on ne saurait réellement y voir une forme aberrante et, pour discerner ses affinités morphologiques, il suffit d'interroger certains

types, tels que le *Diplozoon*, chez lequel j'ai montré, il y a quelques années ([1]), l'existence de dispositions très voisines de celles qui caractérisent ces parties dans la Bilharzie.

» La glande coquillière est de forme irrégulièrement conique, se prolongeant vers son extrémité supérieure et se trouvant portée, d'autre part, sur un pédoncule court et large. Revêtue d'une forte membrane conjonctive, elle est tapissée par un épithélium épais, à cellules relativement assez grosses. On ne trouve souvent qu'un seul œuf dans la cavité interne de cette glande, particularité intéressante, car elle rappelle ce qui s'observe chez plusieurs Polystomiens. Le même rapprochement paraît s'affirmer dans le mode de formation de la coque ovulaire et, d'une façon générale, l'organe rappelle l'ootype des Polystomiens plutôt que la glande coquillière des Distomiens.

» C'est dans son voisinage immédiat que l'utérus prend naissance. Sa partie initiale ou profonde s'élargit notablement, répondant ainsi par sa forme, comme par sa situation, au réceptacle séminal des Douves; l'utérus devient ensuite plus étroit, puis s'élargit de nouveau et se rétrécit encore une fois avant de se terminer à l'orifice génital qui s'ouvre près de la ventouse ventrale, dans une petite dépression protégée par un fort repli musculo-cutané.

» Dans la région commune à l'oviducte, au conduit albuminifère, à l'utérus, etc., on distingue parfois une sorte de petit tractus noirâtre qui se dirige vers la face dorsale et paraît représenter le canal de Laurer, mais je ne l'ai pas vu s'ouvrir à l'extérieur. Néanmoins sa présence, même à l'état d'ébauche, serait intéressante à mentionner chez la Bilharzie; car quelques auteurs, se fondant sur la diœcie exceptionnelle que présente ce type, refusent *a priori* d'y admettre l'existence d'une « vulve d'accouplement destinée chez le Distome hermaphrodite à l'intromission du pénis »; or, on sait aujourd'hui que le conduit de Laurer ne peut être regardé comme un canal vaginal, et l'on s'accorde à lui reconnaître une signification toute différente, aussi conciliable avec la diœcie qu'avec l'androgynie. Il n'existe pas d'ailleurs ici d'organe de copulation : émise par le canal éjaculateur, la semence s'écoule vraisemblablement dans le canal gynécophore, et se trouve amenée par le sillon ventral de la femelle jusqu'à l'orifice du canal utérin. Facilitée par l'accouplement presque permanent, qui compense si singulièrement les effets de la diœcie, la fécondation se trouve donc assurée

---

([1]) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1880.

par un procédé analogue à celui qu'on admet aujourd'hui chez la plupart des Trématodes, dont la Bilharzie se rapproche étroitement ainsi par tous les détails de son organisation. »

ZOOLOGIE. — *Sur la puissance de multiplication des Infusoires ciliés.* Note de M. E. Maupas.

« La puissance de multiplication des Ciliés est sous la dépendance des trois facteurs suivants : 1° la qualité et l'abondance de la nourriture; 2° la température; 3° l'adaptation biologique de chaque espèce au point de vue alimentaire.

» Le rôle et l'action des deux premiers facteurs se comprennent d'eux-mêmes; ils varient d'une façon uniforme pour toutes les espèces. L'influence du troisième facteur varie, au contraire, d'une façon particulière à chaque type. Cette influence dépend de l'organisation de l'appareil buccal qui, suivant sa structure et sa disposition, détermine le genre d'alimentation. On retrouve, en effet, chez les Ciliés, comme chez les animaux supérieurs, des herbivores, des carnivores et des omnivores. Ces diverses adaptations alimentaires ont également pour cause primitive l'organisation particulière de la bouche chez les différentes espèces.

» Les Cryptochilum, les Paramécies, les Colpodes, les Tillina, les Colpidium, les Vorticellides sont des herbivores, se nourrissant presque exclusivement de schizomycètes et de petites zoospores. Ces Infusoires sont les grands nettoyeurs des eaux putrides. Quelques Paramécies placées dans une goutte d'eau grouillante de Bactéries, Vibrions, Bacilles et autres microbes, la rendront, en peu d'heures, aussi pure et aussi claire qu'une eau de source. Les Stentors, les Euplotes et beaucoup d'Oxytrichides sont omnivores et vivent à la fois de schizomycètes et de petits Infusoires entraînés par leur tourbillon alimentaire. Les Enchelys, les Didinium, Lacrymaires, Leucophres, Trachélides, Coleps sont des carnassiers. Quelques-unes de ces espèces peuvent cependant se nourrir de schizomycètes à l'état de *zooglœa*.

» Dans les petits aquariums à infusions, les espèces de Ciliés apparaissent successivement en se remplaçant et en se supplantant dans un ordre à peu près constant. L'adaptation alimentaire particulière des espèces explique sans peine ce phénomène. Au début, les espèces herbivores, trouvant une abondante nourriture de schizomycètes, pullulent en net-

toyant l'eau de ces microphytes. Puis viennent les carnassiers, qui pourchassent les herbivores pour s'en nourrir et finissent par les faire disparaître, en se multipliant à leur tour. La fatalité inexorable de la lutte pour l'existence ne se manifeste nulle part avec une évidence plus intense que dans ce petit monde. J'ai vu nombre de fois des cultures fort riches d'espèces herbivores ravagées et détruites en quelques jours par des *Coleps hirtus*. Ce petit carnassier, avec sa puissante armature buccale, peut attaquer victorieusement tous les Ciliés, seraient-ils dix et vingt fois plus volumineux que lui.

» La *Stylonichia pustulata* est l'espèce dont j'ai étudié le plus complètement la faculté de reproduction. J'ai suivi jour par jour deux cultures isolées, chacune pendant plus de trois cents générations successives, qui ont duré un peu plus de huit mois. Cette espèce, dans les conditions les plus favorables de qualité et d'abondance de nourriture, se fissipare une fois par vingt-quatre heures avec une température de 7° à 10° C., deux fois avec 10° à 15°, trois fois avec 15° à 20°, quatre fois avec 20° à 24° et cinq fois avec 24° à 27°. C'est-à-dire que, dans le premier cas, un individu en produira deux; dans le deuxième, quatre; dans le troisième, huit; dans le quatrième, seize, et dans le cinquième, trente-deux. En ne considérant que ce dernier chiffre, nous voyons qu'avec une température de 25° à 26° C. une seule Stylonichie pourrait produire un million de descendants en quatre jours, un billion en six jours et cent billions en sept jours et demi.

» A l'aide de mesures d'une précision très suffisante, j'ai calculé que le corps d'une *Stylonichia pustulata* avait un volume égal à 100 000 μ cubes et que, par suite, il en faut 10 000 pour faire 1^{mmc} et un million pour 1^{cc}. Le protoplasma ayant une densité à peu près à celle de l'eau, ce million de Stylonichies pèsera 1^{gr}, un billion 1^{kg} et cent billions 100^{kg}. D'où il résulte qu'une seule Stylonichie pourrait produire 1^{kg} de protoplasma en six jours pleins et 100^{kg} en sept jours et demi.

» On obtient ces chiffres lorsque la *Stylonichia pustulata* reçoit une abondante nourriture animale composée de petits Infusoires; mais lorsqu'on la soumet à un régime exclusivement végétal, elle ne se fissipare plus qu'une fois par vingt-quatre heures avec une température de 14° à 16° C. et deux fois avec 18° à 20°. Sa longueur, qui, avec la nourriture animale, égalait 160μ, est réduite à 125μ.

» J'ai également fait de longues cultures de la *Stylonichia mytilus*, dont j'ai suivi plus de trois cents générations successives, échelonnées sur une durée de six mois. Sa puissance de multiplication est plus faible que celle

de la *St. pustulata*. Avec une température de 6° à 9° C. elle ne se fissipare qu'une fois tous les deux jours; avec 10° à 14°, une fois par jour; avec 15° à 18°, deux fois, et trois fois avec 19° à 25°.

» L'*Euplotes patella* exige une température de 15° à 20° C. pour se fissiparer une fois par vingt-quatre heures et de 20° à 24° pour deux fois. L'*Onychodromus grandis* ne se fissipare que tous les deux jours avec 5° à 7° C., une fois par vingt-quatre heures avec 7° à 12°, et deux fois avec 13° à 16°; l'*Oxytricha fallax*, deux fois avec 14° à 16° et trois fois avec 17° à 18°.

» Le *Stentor cœruleus*, dont j'ai suivi pendant un mois les générations issues d'un premier individu isolé, se fissipare une fois par jour avec 24° à 26° C.; le *Spirostomum teres*, une fois tous les deux jours avec 16° à 18° C.

» Le *Paramecium aurelia* se fissipare par vingt-quatre heures une fois avec 14° à 17° C., deux fois avec 18° à 20°; le *Paramecium caudatum*, une fois avec 15° à 17° et le *Paramecium bursaria*, une fois tous les trois à quatre jours avec 13° à 15°.

» La *Leucophrys patula* (1), exclusivement carnivore, se fissipare une fois par vingt-quatre heures avec 6° à 7° C., deux fois avec 8° à 11°, trois fois avec 12° à 14°, quatre fois avec 15° à 18° et cinq fois avec 19° à 20°. Le *Glaucoma scintillans*, encore plus prolifique, se fissipare trois fois avec 12° à 13°, quatre fois avec 13° à 15°, et cinq fois avec 15° à 18°; le *Colpidium colpoda*, deux fois avec 12° à 14° et trois fois avec 15° à 20°; le *Coleps hirtus*, une fois avec 16° à 18°; le *Loxophyllum fasciola*, deux fois avec 15° à 17°; le *Spathidium hyalinum*, une fois avec 16° à 17° et deux fois avec 17° à 19°; une Vorticelle indéterminée, une fois avec 14° à 16°.

» Des *Glaucoma scintillans*, *Stylonichia pustulata*, *Colpidium colpoda* et *Paramecium bursaria*, cultivés pendant un mois entier dans une obscurité complète, s'y sont développés et multipliés exactement comme ceux tenus en plein jour. La lumière n'a donc aucune action sur leur développement. »

---

(1) Dans mes précédentes Communications (*Comptes rendus*, t. CIII, p. 1170, et t. CIV, p. 308) j'avais affirmé que les individus de cette espèce, isolés sans nourriture, donnaient naissance à 64 petits rejetons, à la suite de six bipartitions rapides et successives. Ce n'est pas tout à fait exact. De nouvelles observations m'ont fait voir que, suivant leur taille, ils ne produisent que 8, 16 ou 32 petits rejetons et, par conséquent, ne se fissiparent que trois, quatre ou cinq fois. Le nombre des petits rejetons produits en trois jours et demi doit donc varier entre 131 072 et 524 288.

ZOOLOGIE. — *La structure réticulée des Protozoaires.* Note de M. J. **Kunstler**, présentée par M. A. Milne-Edwards.

« La substance constitutive des Protozoaires offre une grande variété de structure, dont on décrit souvent l'un des aspects en disant qu'elle est *réticulée*. Si ce vocable doit être pris au sens propre, il est assurément l'expression d'un fait contestable qui demanderait une démonstration préalable.

» Dès l'année 1881, j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie le résultat de mes observations sur la structure du protoplasma, et j'ai décrit des tissus « criblés d'une multitude de vacuoles extrêmement » petites, remplies d'un protoplasma aqueux, régulièrement disposées et » séparées les unes des autres simplement par de minces parties de sub- » stance plus dense ». Et, plus tard, j'ai ajouté : « Le protoplasma offre » l'aspect d'un réseau très fin et continu de parties claires d'une grande » minceur, circonscrivant de petits espaces plus sombres (¹). » C'est là une apparence franchement réticulée. Mais correspond-elle bien à un réseau véritable, délimitant des mailles ouvertes? Ne serait-ce pas plutôt un ensemble de cavités closes, remplies de substance plus ou moins liquide et circonscrites par de la matière plus dense.

» Dans une foule de cas, cette dernière disposition ne saurait être mise en doute, fait démontré tant par l'observation directe que par certaines expériences. Quel que soit le sens dans lequel on examine ces réseaux, jamais leurs mailles ne communiquent entre elles. Certains traitements aboutissent à la fragmentation de ces ensembles en corpuscules formés d'une enveloppe contenant de la matière fluide, correspondant aux alvéoles et dus à leur désagrégation. Toutefois, il ne s'ensuit pas, de ce qui précède, qu'aucune structure réellement réticulée n'existe chez les Protozoaires; mais elle n'exclut pas la structure vacuolaire ou mieux alvéolaire, dont elle n'est, en somme, qu'un corollaire.

» A la périphérie du corps de ces organismes se trouvent des couches compactes présentant la structure alvéolaire typique, dont la régularité est quelquefois remarquable. Dans les régions plus internes, ces petites ca-

---

(¹) Je rappellerai que, le premier, j'ai décrit la *structure alvéolaire*, quatre ans avant Bütschli.

vités se dilatent et l'on y remarque souvent aussi une tendance à la disjonction, sorte de désagrégation en corpuscules simples ou composés, plongés dans du liquide. Comme exemple de corpuscules de ce genre, citons toutes les formations comparables aux leucites. Les variations les plus grandes existent, depuis la dilatation pure et simple des alvéoles jusqu'à la constitution d'éléments complexes divers, tels que des corpuscules multi-alvéolaires isolés ou unis en couches, ou des poches du même genre, ou même de véritables réseaux formés de filaments présentant une rangée axiale de vacuoles. Dans le cas d'une dilatation des éléments vacuolaires, celles-ci peuvent rester unies en masses compactes aréolées, ou devenir libres, sans connexions réciproques fixes, et se déplacer les unes par rapport aux autres comme un fluide.

» Un exemple remarquable de structure réticulée est fourni par le *Dumontia Apheliarum*, chez lequel les éléments vacuolaires restent agrégés en une masse continue et ne se séparent pas en groupes secondaires entre lesquels pourrait se placer du liquide. Les petites aréoles de la périphérie, non disposées en couches tégumentaires bien régulières, s'agrandissent vers l'intérieur du corps et forment un réseau à mailles polygonales.

» Certains fluides plasmatiques, après fixation et coloration, rappellent la même disposition. L'entoplasme de certaines Grégarines m'a présenté aussi, dans ces conditions, une structure aréolaire et je ne pense cependant pas qu'aucun naturaliste ait l'idée de lui dénier la fluidité la plus nette. Les vacuoles renferment des granulations; car, ainsi que je l'ai montré autre part, tout granule élémentaire est sécrété par une alvéole. De ces faits il ressort, ou bien que la fixation a pour effet de développer une certaine structure, mais bien plutôt que le fluide apparent était formé d'éléments mous et mobiles les uns par rapport aux autres.

» Les bols alimentaires des Protozoaires suivent le courant général du protoplasme interne et circulent. Se meuvent-ils en traversant les mailles ouvertes d'un réseau fixe, ou bien l'élément réticulé est-il lui-même mobile? Il n'y a aucune analogie de dimensions entre les bols et les mailles réticulaires, qui seraient continuellement rompues par le passage de ceux-ci sous l'influence d'une force assez mystérieuse. De plus, dans beaucoup de cas, on ne saurait mettre en doute l'existence de courants portant sur la totalité de l'entoplasme. Il y a donc lieu de chercher à expliquer d'autre manière la circulation et l'autonomie de ces bols. Dans mes recherches sur le *Nycthotherus Duboisii*, j'ai émis une hypothèse d'après laquelle ces bols seraient entourés d'une couche protéique, se constituant à l'orifice

œsophagien, dans laquelle s'opère la digestion, comme dans un estomac transitoire, qui leur permet de conserver leur cohésion et qui les accompagne jusqu'à l'anus. Chez les Cryptomonades, on voit une poche, s'étendant à partir de la bouche jusqu'à près du tiers postérieur du corps, dont la paroi est formée de petits éléments fort nets, et constituant non plus une cavité transitoire et mobile, mais une sorte de cul-de-sac fixe, s'avançant de la périphérie vers l'intérieur du corps. Les fouets locomoteurs, les flagellums, montrent eux-mêmes une structure alvéolaire. Ils présentent une série de zones sombres et claires alternantes, fait qui a été vu, après moi, par MM. Rouget et Fisch. »

PÉTROGRAPHIE. — *Note sur une roche à wernérite granulitique des environs de Saint-Nazaire*. Note de M. **A. Lacroix**, présentée par M. Fouqué.

« M. Baret, de Nantes, a bien voulu m'envoyer une série d'échantillons d'une roche recueillie par lui à la carrière du Point-du-Jour, près de Saint-Nazaire, et appartenant, selon toute vraisemblance, à la série des roches cristallophylliennes.

» L'association minéralogique fort simple des éléments de cette roche présente un intérêt spécial qui justifie la Communication que j'ai l'honneur de faire à l'Académie, car elle constitue la première roche française dans laquelle apparaisse, comme partie essentielle, la *wernérite granulitique*.

» Cette roche est d'un gris verdâtre, très compacte et fort tenace. Elle rappelle, comme aspect extérieur, la pyroxénite de Roguédas. Quelques échantillons laissent voir à l'œil nu leurs éléments constituants : sphène brun rougeâtre, pyroxène vert et wernérite blanche. Elle présente une grande analogie de composition avec quelques-uns des types décrits, il y a peu de mois, par M. H. Wolf, d'après des échantillons de l'Afrique du Sud [*Beitr. zur Petrographie des Hererolandes* (Inaugural-Dissert. an der Universität Leipzig; 1887)].

» Le *sphène* se trouve en cristaux fusiformes de dimensions variables : la dissémination de ce minéral est très irrégulière, et certains échantillons n'en renferment point.

» Le *pyroxène* est d'un vert clair en lames minces; ses cristaux sont presque toujours arrondis, comme dans la plupart des roches métamorphiques.

» L'élément le plus caractéristique est la *wernérite*, de formation postérieure aux deux minéraux précédents. Ses plages sont en général également développées dans tous les sens ou faiblement allongées suivant l'arête du prisme.

» Le clivage prismatique $m(110)$ est net; le signe de la double réfraction, négatif. La biréfringence maxima est $n_g - n_p = 0,015$. Ce minéral est très facilement fusible en un verre blanc bulleux, avec coloration jaune intense de la flamme; il fait partie de l'une des variétés riches en soude du groupe de la wernérite (dipyre).

» Le dipyre de Saint-Nazaire présente une grande similitude de propriétés et de structure avec le dipyre étudié dès 1878 par M. Michel Lévy dans la roche d'Odegaarden (Norvège). [*Sur une roche à wernérite granulitique de Bamle* (*Bulletin de la Société minéralogique de France*, t. I, p. 43).]

» Les inclusions sont abondantes dans le dipyre; on y rencontre souvent de très petits cristaux de pyroxène qui, à l'inverse des grains macroscopiques de ce même minéral, possèdent des formes cristallines très nettes.

» Dans quelques échantillons, l'élément blanc est constitué par de l'oligoclase remplaçant la wernérite.

» La roche renferme en outre une quantité plus ou moins grande de calcite; parfois cette calcite s'isole en veines spathiques, noirâtres, renfermant de nombreuses inclusions opaques (de fer titané?), de petits cristaux de rutile nettement formés et des divers éléments de la roche, etc. En attaquant par un acide faible la salbande de ces filons de calcite, on voit apparaître les éléments de la roche en cristaux arrondis et faisant saillie.

» Aux minéraux précédents, il faut ajouter l'apatite, l'épidote, l'idocrase jaune cannelle, la pyrite, la pyrrhotine, etc., qui tapissent les fissures ou se trouvent en petite quantité dans la roche elle-même. De nombreux filons de granulite (pegmatite) percent la roche à wernérite.

» En résumé, le gisement découvert par M. Baret présente un grand intérêt minéralogique et pétrographique, car il confirme l'existence d'une quantité notable de roches cristallines à wernérite granulitique.

» Cette courte Note étant destinée à prendre date, j'ai dû passer sous silence un certain nombre de particularités intéressantes. Je me propose de revenir prochainement sur la composition minéralogique des divers éléments de cette roche et sur les relations géologiques de cette dernière. »

GÉOLOGIE. — *Examen de quelques galets du nagelfluhe du Rigi.* Note de M. STANISLAS MEUNIER.

« Ayant eu l'occasion l'an dernier de passer quelques semaines au Rigi-Scheideck, j'en ai profité pour étudier le célèbre poudingue polygénique, appelé *nagelfluhe,* qui constitue presque toute la montagne du Rigi. Les roches qui entrent dans sa constitution, à l'état de cailloux roulés, ont été trop souvent étudiées pour que j'en donne ici la liste. Je signalerai cependant dans quelques points, et spécialement à Felsenthor, l'abondance des galets arrachés aux couches primaires des poudingues de Vallorsines, conséquemment déjà polygéniques par eux-mêmes et présentant dans leur structure une analogie très frappante avec le nagelfluhe lui-même. Dans ces points-là, le conglomérat est vraiment un poudingue de poudingue, et il faut y insister parce qu'il arrive à des excursionnistes de s'y tromper et de voir dans les galets dont il s'agit, fréquents à la surface du sol, des fragments de nagelfluhe qui auraient été roulés à l'époque actuelle.

» Au Rigi-Kulm, on rencontre des cailloux impressionnés avec une énergie tout à fait exceptionnelle. J'en conserve un, formé de quartzite très dur, qui est criblé de vacuoles étroites et allongées, dont plusieurs atteignent 3^{mm} à 4^{mm} de profondeur.

» Mais un point sur lequel je m'arrêterai, c'est la présence, en un certain nombre de galets, de fossiles animaux ou végétaux, permettant d'en déterminer l'âge avec précision. Ces galets, d'ailleurs, sont relativement fort rares; à mes quelques trouvailles personnelles, j'ai pu ajouter une petite série que M. le Dr Stierlin-Hauser a recueillie et qu'il a généreusement mise à ma disposition. On y distingue surtout des plantes, dont les plus communes sont malheureusement d'une détermination souvent douteuse. Du nombre sont des algues, telles que *Fucoides Targioni* Brngt, et peut-être *Chondrites vindobonensis*, Ettingsh., l'une et l'autre propres au flysch et répandues aux environs de Lucerne comme à Guerbe, dans le canton de Berne. Comme contraste au point de vue de l'âge, on mentionnera un galet qui renferme une empreinte très nette de fougère houillère, où mon savant collègue M. B. Renault a reconnu *Goniopteris longifolia* Brngt. Cette plante, à ma connaissance, n'a pas encore été citée dans cette partie de la Suisse.

» Les fossiles animaux sont beaucoup plus rares; je puis toutefois, outre

des corps tubulaires qu'il n'est pas invraisemblable de considérer comme des polypiers indéterminables, signaler un galet siliceux qui porte une empreinte très nette, quoique incomplète, d'*Ammonites asterianus* d'Orb. Cette coquille, appartenant au terrain néocomien, dont est formée une partie du mont Pilate, le majestueux voisin du Rigi, a été soumise à mon savant collègue M. le Dr P. Fischer.

» Il y aurait certainement de l'intérêt à dresser, aussi complète que possible, la liste des vestiges fossiles qui peuvent se trouver dans le nagelfluhe; c'est ce qui m'a engagé à communiquer aux géologues les indications qui précèdent. »

ANATOMIE. — *Sur la structure de la choroïde et sur l'analogie des espaces conjonctifs et des cavités lymphatiques.* Note de M. **Edmond Hache**, présentée par M. Ranvier.

« Dans un Mémoire *Sur les espaces lymphatiques de l'œil* (*Arch. für mikr. Anatomie*, 1870) et dans un article du Manuel de Stricker, Schwalbe divise la choroïde en deux couches absolument différentes de structure et de signification physiologique :

» 1° Une couche interne vasculaire, la choroïde proprement dite, constituée par des artères, des veines et des capillaires unis par un stroma, dont les éléments sont disposés sans ordre dans l'interstice des vaisseaux. Cette couche est complètement dépourvue de lymphatiques;

» 2° Une couche externe, *lamina fusca* des anciens anatomistes, tissu supra-choroïdien de l'auteur, qui contient les voies lymphatiques destinées à recueillir la lymphe provenant de la choroïde proprement dite.

» Ce tissu supra-choroïdien est constitué, chez les mammifères, par un nombre considérable de minces lamelles anastomosées, limitant un réseau de lacunes. La nature lymphatique de ces lacunes est démontrée par ce fait que ces lamelles, formées d'un réticulum de fines fibres élastiques sur lesquelles sont appliquées de nombreuses cellules pigmentaires, sont, sur les deux faces, recouvertes d'une couche endothéliale continue.

» Cette manière de voir, qui a été généralement acceptée, n'est cependant pas absolument exacte; car depuis longtemps M. Ranvier a montré que les cellules pigmentaires ne sont pas dans l'épaisseur des lamelles, mais sont appliquées sur une de leurs faces. Chez certains animaux, ces cellules connectives larges, étendues, régulières, rappellent par leur dis-

position les cellules endothéliales, mais diffèrent de celles-ci en ce qu'elles ne se touchent pas et sont à une certaine distance les unes des autres [1].

» Ce fait, facile à constater sur des lamelles isolées, ne permet pas d'accepter l'opinion de Schwalbe, à savoir que le système de lacunes du tissu supra-choroïdien est partout revêtu d'un endothélium continu.

» Dans le but d'arriver à une connaissance plus exacte de la structure du tissu choroïdien, j'avais commencé, en 1876, au laboratoire d'Histologie du Collège de France, des recherches que j'ai pu enfin reprendre dans ces derniers temps et qui m'ont permis de constater un certain nombre de faits intéressants.

» Je ne m'occuperai dans cette Note que des particularités relatives à l'endothélium et aux cellules pigmentaires qui entrent dans la constitution des lamelles choroïdiennes.

» Une des difficultés les plus sérieuses que l'on rencontre dans l'étude de la choroïde réside dans la pigmentation de cette membrane. La présence du pigment masque les détails et gêne l'observation, surtout après l'action du nitrate d'argent destiné à déceler le revêtement endothélial.

» La choroïde du mouton constitue un objet d'étude très favorable; elle contient des cellules pigmentaires peu nombreuses, nettement fusiformes ou étoilées, de sorte que l'on peut facilement suivre les lignes d'imprégnation dans tous leurs détails; elle offre de plus une certaine épaisseur, ce qui permet d'avoir recours à une méthode préconisée par M. Malassez, l'injection successive dans le tissu à étudier : 1° d'une solution convenable de nitrate d'argent; 2° d'eau distillée; 3° d'alcool fort.

» Ce procédé a, sur celui dont se servait Schwalbe, des avantages sérieux; l'imprégnation est plus régulière, plus générale, et l'injection d'alcool qui termine l'opération a pour effet de fixer les lamelles, de les maintenir écartées et d'en rendre l'isolation plus facile. De plus, on constate que le liquide injecté pénètre et circule rapidement dans toute l'épaisseur de la membrane, ce qui montre que les communications entre les diverses lacunes sont relativement larges. Les lamelles, en effet, offrent cette disposition particulière que M. Ranvier a désignée sous le nom de *système de tentes*, c'est-à-dire qu'elles s'insèrent les unes sur les autres par des piliers membraneux limitant des orifices qui font communiquer tous les espaces.

» Lorsque, après avoir pratiqué l'injection interstícielle, comme il a été dit précédemment, on porte dans l'eau distillée un lambeau comprenant

(1) L. Ranvier, *Leçons sur l'histologie du système nerveux*, p. 199.

la sclérotique et la choroïde et que l'on écarte légèrement ces deux membranes, on aperçoit un nombre considérable de minces lamelles, anastomosées en forme de tentes, s'étendant de la sclérotique à la choroïde. Avec les pinces et les aiguilles on arrive assez aisément à isoler ces lamelles et l'on obtient des préparations nettes et démonstratives.

» Dans toute l'épaisseur de la *lamina fusca* les lames isolées et imprégnées montrent les mêmes particularités. Elles sont extrêmement minces, transparentes et parcourues par un réseau régulier et continu de fines lignes noires formées par le dépôt d'argent dans le ciment intercellulaire. Ce réseau d'imprégnation correspond bien en réalité à une couche de cellules endothéliales; car, si l'on colore par le picrocarminate ou l'hématoxyline nouvelle, on constate que chaque maille contient toujours un et quelquefois deux noyaux ovalaires.

» Mais, fait intéressant et singulier, ce réseau est unique pour chaque lamelle. Celles-ci ne possèdent donc pas, comme l'a avancé Schwalbe, une double couche endothéliale; une seule face est recouverte par un endothélium continu, l'autre est tapissée, comme l'a signalé M. Ranvier, par des cellules connectives plates, pigmentées ou sans pigment, différant des cellules endothéliales par leur forme et parce qu'elles ne se touchent pas, d'où l'absence sur cette face d'un réseau d'imprégnation.

» Cependant, aux points où les lamelles s'insèrent les unes sur les autres on constate parfois la présence d'une double couche endothéliale; mais, tandis que sur l'une des faces l'endothélium est continu et recouvre toute la lamelle, sur l'autre, il ne s'étend qu'à une très faible distance de la ligne d'insertion de la lamelle juxtaposée.

» Après avoir constaté que les lames de la choroïde offrent cette particularité de représenter une face recouverte d'un endothélium continu, tandis que l'autre est tapissée de cellules connectives pigmentées, il y avait lieu de se demander comment elles étaient disposées et quel rapport existait entre ces surfaces endothéliales ou connectives.

» De l'examen des préparations obtenues par dissociation et des coupes faites après injection de gélatine argentée, je crois pouvoir avancer que ces lamelles sont orientées de telle façon que toutes les surfaces endothéliales sont dirigées du côté de la sclérotique, tandis que les faces connectives regardent la couche des vaisseaux.

» Cette disposition explique pourquoi, à leurs points d'intersections, les lamelles peuvent présenter une double couche endothéliale. Là, en effet, l'endothélium se réfléchit pour se continuer avec la surface connective à

cellules pigmentées de la lamelle voisine et peut dans certains cas empiéter sur celle-ci.

» En résumé, dans la *lamina fusca*, on voit des surfaces endothéliales alterner et se continuer avec des surfaces connectives à cellules pigmentées pour constituer des espaces mixtes. C'est là un fait important au point de vue de la morphologie des endothéliums, un argument sérieux en faveur de l'analogie des espaces conjonctifs et des cavités lymphatiques, une des données du problème, depuis si longtemps posé, de l'origine des vaisseaux lymphatiques. »

PHYSIOLOGIE. — *Les dernières manifestations de la vie des muscles.* Note de M. **Charles Rouget**.

« Après la mort, lorsque les muscles ont cessé de répondre par des contractions aux excitations des courants d'induction ou des courants continus, que même les excitations mécaniques sont impuissantes à provoquer la contraction locale (*idio-musculaire*), les éléments contractiles ne sont pas dépourvus de toute irritabilité. En les plaçant dans des conditions déterminées, que je vais indiquer, il est encore possible de réveiller leur activité propre, de provoquer des contractions d'un caractère spécial qui ne sont autre chose que des convulsions d'agonie des fibres striées, et se terminent par une forme particulière de rigidité, dernier acte de la vie de ces éléments.

» Un petit fragment de muscle excisé ou arraché est placé sur une lame porte-objet dans une goutte de solution de chlorure de sodium, à 6 pour 100, liquide considéré comme inoffensif, les fibres élémentaires sont rapidement dissociées à l'aide d'aiguilles. On constate d'abord que ces fibres, que les tractions allongent facilement, reviennent énergiquement sur elles-mêmes, comme des fils de caoutchouc, lorsque la distension cesse. Aussitôt libres, elles exécutent des mouvements d'inflexion, de torsion, se courbent en arc de cercle, en cercle complet, en S, s'enroulent quelquefois en nœud; ces mouvements sont plus ou moins rapides, de plus ou moins longue durée, suivant la classe à laquelle appartient l'animal. Ils sont rapides et de courte durée chez les oiseaux, les mammifères, les poissons parmi les vertébrés, chez les orthoptères et les crustacés parmi les invertébrés, plus lents et d'une durée plus longue chez les reptiles, surtout chez les grenouilles; la plus grande lenteur et la plus longue durée

s'observent chez certains insectes, chez l'hydrophile en particulier où les mouvements désordonnés vermiculaires peuvent durer plus de quinze minutes. Dès le début de ces mouvements, on voit aux extrémités libres de la fibre sectionnée ou rompue, là où les fibrilles contractiles ne sont plus protégées par le sarcolemme, se former un renflement résultant du raccourcissement avec épaississement, c'est-à-dire d'une contraction locale de ces parties de la fibre. Au niveau de ce bourrelet de contraction, la striation transversale est plus fine et plus serrée.

» Des bourrelets de contraction semblable, comprenant soit toute l'épaisseur de la fibre, soit un des bords seulement, qui alors devient concave, se produisent dans tous les points où la fibre a été pressée ou tiraillée dans les manœuvres de dissociation.

» La contracture gagne, de proche en proche, les parties de la fibre contiguës à celles où elle s'est primitivement montrée, et envahit ainsi la totalité de la fibre; celle-ci atteint alors le dernier degré de la contracture permanente : la rigidité avec le maximum de raccourcissement. C'est là ce que l'on observe chez les Arthropodes (crustacés et insectes). Le phénomène est plus complexe dans les muscles du mouvement volontaire des vertébrés. Chez les grenouilles et les lézards, très peu de temps après l'apparition des bourrelets de contraction, sur les points de la fibre qui ont été soumis à une excitation mécanique et aux extrémités sectionnées, des ruptures se produisent, comprenant le plus souvent toute l'épaisseur de la fibre, au voisinage immédiat du bourrelet ou dans son épaisseur même; au-dessus de cette première rupture, il s'en produit une nouvelle, et de proche en proche : la fibre tout entière finit par être décomposée en blocs courts ou en disques épais très réfringents, à striation transversale très fine et souvent d'apparence homogène, comme vitreuse. Entre ces fragments rompus, la cavité du sarcolemme se présente vide dans une étendue considérable.

» Ces ruptures sont la conséquence d'une traction violente opérée par une partie contractée sur une partie contiguë, passive, non contractée, souvent même soumise à une autre contraction de sens inverse.

» L'extrême rapprochement des stries transversales des blocs fragmentaires, l'écartement considérable entre les fragments d'où résultent les grands vides du sarcolemme et, par-dessus tout, l'observation directe du travail qui produit les ruptures établissent qu'elles sont dues, en effet, à des contractions locales convulsives et d'une extrême violence.

» Les premiers bourrelets de contraction sont le résultat d'une excita-

tion mécanique de la fibre isolée, analogue à celle qui produit sur le muscle entier le bourrelet de la contraction idéo-musculaire; mais la propagation de la contraction dans toute la longueur de la fibre et la succession de contractures convulsives qui déterminent les ruptures reconnaissent une autre cause : l'imbibition graduelle des interstices de séparation des fibrilles par le liquide étranger irritant en contact direct avec les fibrilles; l'analogie frappante que présente l'aspect de ces blocs de rupture avec celui du contenu du sarcolemme des muscles des individus qui ont succombé à la fièvre typhoïde, à la variole, au choléra, rend très probable que la mort des muscles a lieu par le même mécanisme que celui que nous avons observé et résulte également de l'excitation des fibrilles contractiles par le plasma imprégné du virus septique.

» Chez les poissons, les chéloniens, les oiseaux et les mammifères, l'imbibition directe que permettent les solutions de continuité du sarcolemme dans les fragments de muscles excisés est tellement rapide que les bourrelets de contraction semblent faire défaut, parce que la totalité de la fibre est presque instantanément envahie, au contact de la solution saline, par une contraction générale, accompagnée de courbures, ou torsions, avec épaississement et raccourcissement de près de la moitié de la longueur de la fibre, fixée alors dans un état d'absolue rigidité ([1]).

» On observe, au lieu de bourrelets de contraction, des renflements annulaires séparés par des étranglements, qui de face ont l'aspect de bandes très réfringentes, formant une striation transversale irrégulière, analogue à celle que j'ai signalée dans les fibres lisses à l'état de contraction.

» Ce n'est pas seulement dans cette période d'inertie apparente qui précède l'apparition de la rigidité que l'on peut mettre en évidence, en agissant non plus sur le muscle entier, mais sur ses éléments, que ceux-ci sont encore vivants et contractiles.

» Dans des muscles en apparence complètement rigides, depuis trois et quatre jours chez des grenouilles, depuis cinq et six jours chez un lézard et une couleuvre, j'ai trouvé des fibres encore vivantes et contractiles mélangées dans un même faisceau à des fibres mortes. On trouve aussi ce même mélange de fibres vivantes et mortes chez les mammifères, mais seulement au début de la rigidité. Indépendamment des signes microscopiques de la contraction, on peut déjà, pendant la dissociation dans le liquide salin, distinguer les fibres vivantes des fibres mortes : ces dernières ont complè-

---

([1]) *Comptes rendus*, juin 1881.

tement perdu toute trace d'élasticité; celles qui sont encore contractiles reviennent rapidement et énergiquement sur elles-mêmes après avoir été distendues. Les éléments des muscles perdent au même moment leur élasticité propre et leur contractilité, deux modalités de leur propriété essentielle et caractéristique. »

THÉRAPEUTIQUE. — *Résultats obtenus par l'inoculation préventive du virus atténué de la fièvre jaune, à Rio-de-Janeiro.* Note de MM. **Domingos Freire, Paul Gibier** et **C. Rebourgeon.**

« Dans la séance du 21 mars dernier, nous avons eu l'honneur de présenter à l'Académie une Note où se trouvaient exposées sommairement nos recherches sur le microbe de la fièvre jaune et son atténuation. Nous indiquons aujourd'hui les résultats généraux obtenus, à la suite des inoculations de culture atténuée du même microbe, sur *six mille cinq cent vingt-quatre individus* dans la ville de Rio-de-Janeiro.

» Voici, tout d'abord, les chiffres de la mortalité par la fièvre jaune, d'après les bulletins officiels, de janvier 1885 à septembre 1886, période pendant laquelle les vaccinations ont été faites.

» Décès par fièvre jaune se répartissant ainsi :

Brésiliens	391
Étrangers	1284
Total	1675

» Sur ce chiffre de 1675 décès, les vaccinés y sont compris au nombre de 8; les non vaccinés au nombre de 1667.

» Avant d'aller plus loin, nous devons faire remarquer que les vaccinés qui ont succombé à l'épidémie ont été inoculés au moment où la méthode d'inoculation était encore imparfaite, et que, de plus, un de ces derniers, porté sur les bulletins officiels comme étant mort de fièvre jaune, a succombé en réalité aux atteintes d'un érysipèle.

» Les vaccinations qui ont été pratiquées à la même époque, c'est-à-dire de janvier 1885 à septembre 1886, presque en totalité dans les points où les épidémies se localisent par foyers, ont porté sur les deux groupes suivants :

Brésiliens	4949
Étrangers	1575
Total	6524

» En tenant compte de la situation topographique de Rio-de-Janeiro et des foyers épidémiques nettement circonscrits, ainsi que l'indiquent les bulletins officiels de mortalité, on peut évaluer le nombre d'individus exposés à contracter la fièvre jaune au chiffre maximum de 160 000. En comparant ce chiffre à celui des vaccinés, et le nombre des morts parmi les vaccinés avec le nombre des décès parmi les non vaccinés, on constate que :

» La mortalité est de 1 pour 1000 pour les vaccinés et de 1 pour 100 pour les non-vaccinés.

» Nous devons dire encore que le chiffre de 1675 décès est bien au-dessous de la réalité ; car il est notoirement connu que, pour des raisons de convenance particulière, en raison de la sévérité des règlements sanitaires, la nature des décès est souvent déguisée. Le chiffre de 1 pour 100 est donc inférieur à ce qu'il est réellement pour les non-vaccinés.

» Nos statistiques établies donnent le nom, l'âge, la durée de séjour au Brésil de chacun des vaccinés, avec l'indication des quartiers, rues et maisons où les inoculations ont été effectuées.

» Dans des bulletins spéciaux, nous avons indiqué, suivant les rapports officiels publiés par le Gouvernement, les maisons où ont eu lieu des décès de fièvre jaune, mettant en regard le chiffre des vaccinés dans ces mêmes maisons ou dans celles voisines. La comparaison de ces différents chiffres permet de juger de l'efficacité des inoculations et de l'immunité qu'elles confèrent aux individus vaccinés, qui restent indemnes au milieu du foyer où la contagion est à son *summum* d'intensité.

» Nous avons remarqué que la plus forte proportion des décès est comprise entre l'âge de 21 et 30 ans.

» En outre, l'immunité de race pour les Brésiliens est absolument relative, même pour ceux qui sont nés à Rio-de-Janeiro. Cette immunité va en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de la capitale, à tel point que les individus séjournant dans les régions basses, situées à quelques lieues de la ville, sont plus fréquemment atteints que les étrangers eux-mêmes, lorsqu'ils viennent pour leurs affaires à Rio-de-Janeiro en temps d'épidémie.

» Ainsi qu'on peut en juger par ce qui précède, l'immunité conférée par l'inoculation préventive de la fièvre jaune, sans être absolue, a produit cependant des effets très satisfaisants.

» Il ne nous appartient pas d'insister sur l'importance de ces recherches et sur les bienfaits qu'on doit retirer de leur application. Nous terminerons toutefois cette Communication en appelant l'attention de l'Académie

sur un passage d'une lettre que nous fait l'honneur de nous adresser M. Bérenger-Féraud, dans laquelle le savant Directeur du Service de santé de la Marine s'exprime ainsi : « Arriver à garantir les Européens contre cette » terrible maladie est un but fort intéressant à poursuivre, car il y va de » milliers d'existences. »

» D'après les derniers bulletins officiels, la fièvre jaune ne s'est pas manifestée à l'état épidémique cette année à Rio-de-Janeiro. L'hôpital maritime de Jurujubà, spécialement affecté au traitement de la fièvre jaune, n'avait reçu aucun malade au 24 février dernier. Depuis plus de trente-cinq ans, pareil fait n'avait pas été observé.

» Les vaccinations ont été faites gratuitement. »

THÉRAPEUTIQUE. — *Recherches sur l'action therapeutique du méthylal.* Note de MM. **A. Mairet** et **Combemale**, présentée par M. Charcot.

« Dans une précédente Communication (séance du 24 janvier 1887), nous avons exposé les résultats de nos recherches sur l'action physiologique du méthylal. Des symptômes produits par cette substance administrée à dose non toxique, c'est-à-dire à des doses inférieures à 1^{gr} par kilogramme du poids du corps de l'animal, celui qui domine la scène est le sommeil; ce sommeil ne laisse après lui aucun trouble, le méthylal s'éliminant rapidement.

» Ces résultats nous ont paru autoriser l'administration du méthylal à l'homme malade. Nos recherches ont porté sur 36 aliénés atteints d'agitation et d'insomnie, sous la dépendance de folies de forme et de nature différentes.

» Chez la plupart de nos malades, nous avons administré ce médicament à plusieurs reprises et pendant plusieurs jours consécutifs; chaque fois on le donnait en une seule prise, immédiatement avant le coucher, et toujours par la bouche. Nous n'avons jamais rencontré d'intolérance, ni aucun trouble quelconque du côté d'aucun organe; nos malades n'ont jamais manifesté aucune répugnance à prendre le méthylal, dont le goût et l'odeur éthérée n'ont rien de désagréable, et qui, par sa grande solubilité dans l'eau, est d'un maniement facile; nous l'administrons dans un julep ordinaire.

» Au point de vue de leur forme et de leur nature, nos 36 cas d'aliénation mentale doivent être classés de la manière suivante : folie simple

(manie, lypémanie), 15 cas; démence simple consécutive à une aliénation mentale fonctionnelle, 12 cas; folie alcoolique, 3 cas; démence par athéromasie, 3 cas; démence paralytique, 3 cas.

» Dans les *folies simples*, à leur période de début, le méthylal reste sans action hypnotique, tout en élevant les doses jusqu'à 7^{gr} et 8^{gr}. A la période d'état, pendant les poussées aiguës d'agitation, aux doses de 5^{gr} à 6^{gr}, il réussit au contraire assez régulièrement à procurer dans les premiers jours un sommeil qui dure toute la nuit; ce sommeil, continu dans la plupart des cas, est parfois interrompu pendant un quart d'heure ou une demi-heure, puis est repris jusqu'au matin. Ces résultats sont obtenus même lorsque l'agitation est intense; seulement, au bout de trois à cinq semaines, l'accoutumance se produit; il faut alors élever les doses et cependant, le plus souvent, malgré cela, les effets ne sont plus aussi certains que les premiers jours, le sommeil ne dure plus que cinq à six heures et est souvent interrompu.

» Dans les insomnies liées à l'agitation, chez les malades atteints de *démence simple*, les résultats sont assez uniformément favorables; peu importe le degré d'agitation, pourvu que les doses de méthylal soient suffisamment élevées et atteignent 5^{gr} à 8^{gr}. Sur les douze cas de cet ordre, nous n'avons eu qu'un insuccès.

» Dans la *folie alcoolique*, le méthylal, administré aux doses de 5^{gr} ou 6^{gr}, ou bien est resté sans effet, ou bien n'a donné que des résultats aléatoires; aussi, dans ces cas, son emploi ne nous paraît-il pas de mise.

» Dans la *démence par athéromasie*, le méthylal, même à des doses relativement faibles, 3^{gr}, 4^{gr} et 5^{gr}, donne lieu pendant les cinq ou six premiers jours à un sommeil continu et se prolongeant toute la nuit; mais au bout de ce temps, le sommeil, comme dans la folie simple, est moins complet et ne dure que cinq ou six heures, quand même on augmente les doses.

» Dans la *démence paralytique* arrivée à des degrés différents, mais toujours à la période d'état ou de déclin, nous avons, d'une manière générale, obtenu des résultats très satisfaisants lorsque les doses de méthylal ont été portées entre 5^{gr} et 8^{gr}; le plus souvent le sommeil a été complet pendant toute la nuit, parfois il n'a duré que cinq ou six heures, et deux fois seulement trois à quatre heures. Lorsque les doses étaient inférieures à 5^{gr}, le sommeil était interrompu, puis repris après quelques moments d'agitation, et l'on constatait ainsi plusieurs fois dans le cours d'une même nuit des alternatives de sommeil et d'agitation.

» En résumé, sans effet hypnotique dans la folie alcoolique et dans la

période de début des folies simples avec agitation nocturne, le méthylal réussit au contraire assez généralement dans la période d'état de ces folies simples, dans les insomnies liées à la démence simple, à la démence par athéromasie et à la démence paralytique. Les doses nécessaires pour produire le sommeil doivent varier entre 5^{gr} et 8^{gr}; ce n'est que dans les démences par athéromasie que nous avons obtenu des résultats favorables avec des doses inférieures à 5^{gr}. Mais dans tous les cas, sauf dans la démence paralytique, l'accoutumance se produit assez rapidement : cinq à six jours suffisent pour cela, et alors, même lorsqu'on augmente les doses, le sommeil est moins continu et moins prolongé que dans les premiers jours. Pour réobtenir les mêmes bons effets du début, il faut cesser l'administration du médicament pendant deux ou trois jours et ce temps de repos suffit pour rendre au système nerveux toute sa sensibilité à l'action hypnotique du méthylal.

» Ajoutons encore ce fait important, c'est que le méthylal n'a qu'une action exclusivement somnifère; son impression sur le cerveau est évidemment passagère, il ne produit aucune dépression; au réveil, l'agitation est aussi intense que la veille et quoique nous ayons prolongé l'emploi de ce médicament pendant quinze jours consécutifs, nous n'avons remarqué ni du côté de la nutrition générale, ni du côté des différentes fonctions, ni du côté du système nerveux, aucun trouble qui nous obligeât à en cesser l'emploi. Par suite, étant donnés son innocuité, son facile maniement et son goût qui le fait accepter volontiers par les malades, le méthylal, malgré une énergie d'action moins considérable que celle d'autres médicaments, nous semble devoir trouver sa place en aliénation mentale parmi les agents de la médication hypnotique. »

TRAVAUX PUBLICS. — *Sur l'établissement d'une communication tubulaire sous-marine à travers le détroit du pas de Calais*. Note de M. **Beau de Rochas**. (Extrait.)

« Après une éclipse de quelques années, la question de ce qu'on peut appeler la création d'un isthme artificiel, reliant la Grande-Bretagne au continent, a achevé de mûrir. Cette question comporte trois solutions particulières : pont, tube ou tunnel, mais inégalement acceptables aux divers points de vue technique, stratégique et politique. Faute d'y avoir eu suffisamment égard, on a fait fausse route dans une première tentative : d'où,

retard dans une œuvre que, en profitant de l'enseignement acquis, il devient possible de mener à bonne fin.

» Il n'y a pas, géologiquement, bien longtemps que la Grande-Bretagne était encore une presqu'île jointe au continent par un isthme étroit. La dislocation de l'ancien isthme de Calais, postérieure au soulèvement des Alpes, a été produite par une cause encore agissante, comme le montre l'affaissement des côtes de la Manche se reliant à l'affaissement continu des Pays-Bas ([1]). La considération approfondie de cette cause, c'est-à-dire de l'effet produit sur la croûte flexible du globe par la surcharge des dépôts charriés aux bouches du Rhin, et qui a été primitivement bien plus intense qu'elle ne l'est actuellement, suffirait seule à établir l'impraticabilité de la conception d'un tunnel fondée sur l'hypothèse de la *continuité de la craie grise* ou de toute autre couche qu'on supposerait avoir conservé la stratification horizontale d'un bord à l'autre du détroit. Mais il serait superflu de s'arrêter davantage au côté géologique de la question, la solution par un tunnel, dans les conditions d'établissement qui lui sont propres, étant repoussée pour des raisons stratégiques.

» Pour être de part et d'autre acceptable, un mode donné de jonction doit, avant tout, satisfaire à la condition de pouvoir, comme un pont ou un tube, être détruit ou mis hors de service *indépendamment de la possession de ses têtes*.

» Une autre condition est de ne point apporter d'obstacle à la navigation du détroit, comme le feraient les nombreuses piles d'un pont.

([1]) Les indices de l'affaissement lent du littoral de la Manche sont nombreux et vont en s'accentuant de la baie de la Somme aux bouches de l'Escaut. La cause en est la même que celle de l'affaissement lent de l'isthme de Suez. Le delta du Nil ne s'accroît plus en surface, mais seulement en épaisseur, la croûte inférieure cédant sous la charge et entraînant l'isthme avec elle. Comme celui du Nil, le delta du Rhin ne s'accroît plus extérieurement; mais au début, c'est-à-dire après le soulèvement des Alpes qui a déterminé le bassin actuel du Rhin, sa formation a dû être très rapide et la croûte inférieure, cédant sous des dépôts alors bien plus puissants, a bientôt entraîné la dislocation de l'ancien isthme de Calais. L'existence de forêts sous-marines sur les bords du détroit montre en outre qu'avant l'établissement du régime régulier actuel il a dû y avoir des affaissements brusques. Ainsi toutes les couches constituant la série des formations sur lesquelles repose le détroit ont dû être plus ou moins disloquées, et cette dislocation a été probablement favorisée par la présence de quelqu'une ou quelques-unes des failles secondaires antérieurement déterminées par les soulèvements principaux constatés dans la région des Wealds, à laquelle, ainsi que le Boulonais, appartenait l'isthme dont il s'agit.

» Le tunnel et le pont étant éliminés, le tube reste dès lors l'unique solution qui satisfasse à la fois à la double condition d'une communication : 1° facile à intercepter par une seule rupture en un point quelconque de son parcours sous-marin, 2° et ne gênant en rien la navigation à la surface du détroit. C'est, d'ailleurs, la solution la moins coûteuse.

» L'idée première d'un tube sous-marin à travers la Manche appartient à Brunel, l'illustre constructeur du tunnel de la Tamise. Elle lui avait été suggérée par le succès de l'application de son non moins célèbre bouclier à l'avancement de cet ouvrage. Plus tard, M. Castanier a proposé de procéder par éléments de 100^{m}, préparés à part, puis successivement immergés. La difficulté restait d'aligner et d'assembler ces éléments en travaillant sous l'eau. M. Beau de Rochas croit être parvenu à éliminer les inconvénients du travail sous l'eau, en supprimant ce travail lui-même.

» Le tube serait en entier préparé sur la rive, hors de l'eau. Il y serait poussé, comme on pousse un pont métallique, au fur de sa construction. A cet effet, son poids est provisoirement réglé, de sorte qu'il fasse à très peu près équilibre à celui de l'eau qu'il doit déplacer et que son frottement sur le fond soit presque insensible. En vertu de son élasticité, le tube, en avançant, s'infléchit au besoin suivant les ondulations, d'ailleurs légères, du fond, et la pose proprement dite avance aussi vite que la production des éléments constitutifs du tube.

» En résumé, les conditions essentielles de la question se trouvant ainsi satisfaites, du moins en principe, il y a lieu d'augurer que l'ancien isthme de Calais pourra bientôt être artificiellement rétabli sous la forme d'une communication tubulaire sous-marine, sans troubler en rien la sécurité respective actuelle des puissances riveraines, en même temps qu'au plus grand avantage de la circulation et du trafic en général. »

M. Fréd. Bordas adresse un Mémoire sur l'Holcus Sorgho, ses propriétés et son utilisation dans l'industrie agricole.

La séance est levée à 4 heures trois quarts. J. B.